

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-320103

(43)Date of publication of application : 16.11.2001

(51)Int.Cl.

H01L 41/09  
 B06B 1/06  
 H01L 41/08  
 H01L 41/083  
 H01L 41/187  
 H01L 41/22  
 H02N 2/00

(21)Application number : 2000-169584

(71)Applicant : NGK INSULATORS LTD

(22)Date of filing : 06.06.2000

(72)Inventor : TAKEUCHI YUKIHISA  
 NANATAKI TSUTOMU  
 IKEDA KOJI  
 KIMURA KOJI  
 SHIBATA KAZUYOSHI

(30)Priority

Priority number : 11281522	Priority date : 01.10.1999	Priority country : JP
11307844	28.10.1999	
11326195	16.11.1999	JP
11371967	27.12.1999	
2000013576	21.01.2000	JP
2000015123	24.01.2000	
2000056434	01.03.2000	JP
2000 524042	13.03.2000	
		JP
		JP
		JP
		US

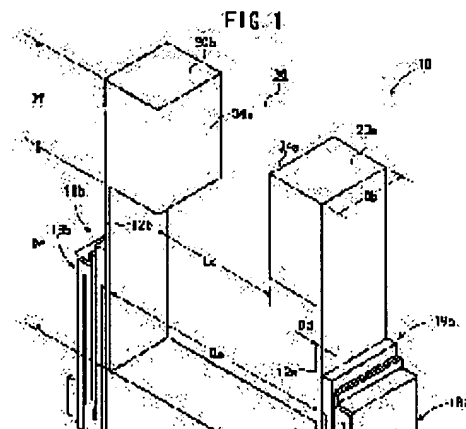
(54) PIEZOELECTRIC/ELECTROSTRICTIVE DEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To achieve weight reduction of a device, especially weight reduction of movable part or a fixing part and increase of displacement and high speed operation (high resonance frequency) of the movable part, and improve handling performance of the device and attaching property of components to the movable parts or fixing property of the device.

**SOLUTION:** In this piezoelectric/electrostrictive device 10, a pair of thin plates 12a and 12b which face each other, and the fixing part 14 for retaining the thin plates 12a and 12b are installed.

Piezoelectric/electrostrictive elements 18a and 18b are arranged on the



thin plates 12a and 12b, respectively. The movable parts 20a and 20b have end surfaces 34a and 34b which face each other, and the distance  $L_c$  between the end surfaces 34a and 34b is made greater than the length  $D_f$  of the movable parts 20a and 20b.

---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 06.03.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

### [Claim(s)]

[Claim 1] The sheet metal section of the couple which carries out phase opposite, and the fixed part which supports these sheet metal section are provided. It has moving part in a part for the point of the sheet metal section of said couple. The inside of the sheet metal section of said couple, They are the piezo-electricity / electrostriction device which is the piezo-electricity / electrostriction device with which one or more piezo-electricity / electrostriction components were arranged in at least one sheet metal section, and either said moving part or a fixed part has the end face which counters mutually, and is characterized by the distance between said end faces being more than the die length of said moving part.

[Claim 2] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by having the excision section in either said moving part or a fixed part, and said a part of excision section constituting said end face which counters mutually in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 1.

[Claim 3] They are the piezo-electricity / electrostriction device characterized by consisting of ceramic bases which unify when said sheet metal section, said moving part, and said fixed part carry out simultaneous baking of the ceramic Green layered product in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 1 or 2, and come to excise a still more unnecessary part.

[Claim 4] They are the piezo-electricity / electrostriction device which said piezo-electricity / electrostriction component are film-like in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 3, and is characterized by baking uniting with said ceramic base.

[Claim 5] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by forming the opening between said end faces which counter mutually in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 1-4.

[Claim 6] The piezo-electricity / electrostriction device which one of the configuration member, the same member, or two or more different members of said moving part or a fixed part intervene between said end faces which counter mutually, and is characterized by the area of said end face in said member and the field which counters being almost the same as the area of said end face in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 1-5.

[Claim 7] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by at least one member being organic resin among said two or more members in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 6.

[Claim 8] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by filling up with the gel ingredient in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 6 or 7 in the pore formed with both the walls of the sheet metal section of said couple, the wall of said moving part, the wall of two or more of said members, and the wall of said fixed part.

[Claim 9] The piezo-electricity / electrostriction device with which internal residual stress produced for said sheet metal section, and/or said piezo-electricity / electrostriction component at the time of manufacture is characterized by having the structure released by forming said end face which counters mutually in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 1-8.

[Claim 10] They are the piezo-electricity / electrostriction device characterized by having the electrode of a couple with which said piezo-electricity / electrostriction component were formed in piezo-electricity / electrostriction layer, and this the piezo-electricity / electrostriction layer in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 1-9.

[Claim 11] Said piezo-electricity / electrostriction component are the piezo-electricity / electrostriction device characterized by the plurality of the electrode of said piezo-electricity / electrostriction layer, and said couple consisting of laminating gestalten in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 10.

[Claim 12] The sheet metal section of the couple which carries out phase opposite, and the fixed part which supports these sheet metal section are provided. It has moving part in a part for the point of the sheet metal section of said couple.

The inside of the sheet metal section of said couple, It is the manufacture approach of piezo-electricity / electrostriction device that one or more piezo-electricity / electrostriction components were arranged in at least one sheet metal section. After producing said piezo-electricity / electrostriction component on said sheet metal at least, one predetermined part of the parts used as the part which serves as said moving part, or a fixed part is excised. The manufacture approach of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by having the process which forms said moving part or fixed part which has the end face which counters mutually and, by which distance between said end faces was carried out to more than the die length of said moving part.

[Claim 13] The sheet metal section of the couple which carries out phase opposite, and the fixed part which supports these sheet metal section are provided. It has moving part in a part for the point of the sheet metal section of said couple. The inside of the sheet metal section of said couple, The ceramic green sheet which is the manufacture approach of piezo-electricity / electrostriction device that one or more piezo-electricity / electrostriction components were arranged in at least one sheet metal section, and has a window part at least, The ceramic Green layered product containing the ceramic green sheet used as said sheet metal section is really calcinated behind. The ceramic layered product production process which produces a ceramic layered product, and the process which forms said piezo-electricity / electrostriction component in the outside surface of the part which serves as said sheet metal section among said ceramic layered products, By at least one excision processing to the ceramic layered product in which said piezo-electricity / electrostriction component were formed The manufacture approach of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by including the excision process which forms said moving part or fixed part which has at least said end face which counters mutually and, by which distance between said end faces was carried out to more than the die length of said moving part.

[Claim 14] In the manufacture approach of of piezo-electricity / electrostriction device according to claim 13 said ceramic layered product production process Two or more ceramic green sheets which have a window part for forming said moving part or fixed part which has the end face which counters mutually at least, The ceramic Green layered product containing the ceramic green sheet used as said sheet metal section is really calcinated behind, and said ceramic layered product is produced. Said excision process The manufacture approach of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by forming said moving part or fixed part by which it has at least said end face which counters mutually, and distance between said end faces was carried out to more than the die length of said moving part by the excision processing to the ceramic layered product in which said piezo-electricity / electrostriction component were formed.

[Claim 15] In the manufacture approach of of piezo-electricity / electrostriction device according to claim 13 or 14 said ceramic layered product production process Two or more ceramic green sheets which have a window part for forming the part used as the part which serves as said moving part where a part of end face which counters mutually at least was connected, or said fixed part, The ceramic Green layered product containing the ceramic green sheet used as said sheet metal section is really calcinated behind, and said ceramic layered product is produced. Said excision process By excision processing to said ceramic layered product in which said piezo-electricity / electrostriction component were formed The part used as the part which serves as said moving part where a part of end face which counters mutually at least was connected, or a fixed part is formed. Furthermore, the manufacture approach of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by forming said moving part or fixed part which has the end face which excises said joining segment and counters mutually and, by which distance between said end faces was carried out to more than the die length of said moving part.

[Claim 16] The manufacture approach of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by having the process which makes the configuration member of said moving part or a fixed part, and two or more different members intervene between said end faces which counter mutually in the manufacture approach of of piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 12-15.

[Claim 17] The manufacture approach of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by using organic resin as at least one member among said two or more members in the manufacture approach of of piezo-electricity / electrostriction device according to claim 16.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] About piezo-electricity / electrostriction device equipped with the moving part which operates based on displacement actuation of piezo-electricity / electrostriction component or the piezo-electricity / electrostriction device which can detect the variation rate of moving part by piezo-electricity / electrostriction component, and its manufacture approach, in detail, this invention is excellent in reinforcement, shock resistance, and moisture resistance, and relates to the piezo-electricity / electrostriction device which can operate moving part greatly efficiently, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] Recently, in fields, such as optics, and magnetic recording, precision processing, the displacement component which can adjust the optical path length and a location is needed to submicron order, and development of the displacement component using the variation rate by the inverse piezoelectric effect and electrostrictive effect which are caused when an electrical potential difference is impressed to piezo-electricity / electrostriction ingredients (for example, ferroelectric etc.) is furthered.

[0003] Conventionally, as such a displacement component, as shown, for example in drawing 41, by forming a pore 202 in the plate 200 which consists of piezo-electricity / an electrostriction ingredient, a fixed part 204, moving part 206, and the beam section 208 that supports these are formed in one, and the electrostrictive actuator which formed the electrode layer 210 in the beam section 208 is indicated further (for example, refer to JP,10-136665,A).

[0004] In said electrostrictive actuator, if an electrical potential difference is impressed to the electrode layer 210, it is possible at least for an arc status change to carry out the revolution variation rate of the moving part 206 into the field of a plate 200 according to an inverse piezoelectric effect or an electrostrictive effect, since the beam section 208 expands and contracts in the direction which connects a fixed part 204 and moving part 206.

[0005] The technique of performing highly precise positioning at a high speed is indicated, and the structure used making the bimorph of two sheets counter is shown to this official report (especially drawing 4) by dividing the electrode of that bimorph, preparing, and on the other hand, choosing and driving the divided electrode about the actuator which used bimorph for JP,63-64640,A.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in said electrostrictive actuator, since the variation rate of the flexible direction (namely, field inboard of a plate 200) of piezo-electricity / electrostriction ingredient was transmitted to moving part 206 as it was, there was a problem that the travel of moving part 206 was small.

[0007] Moreover, since it constituted all parts with the piezo-electricity / electrostriction ingredient which is a brittle and comparatively heavy ingredient, the mechanical strength of the electrostrictive actuator was low, in addition to being inferior to handling nature, shock resistance, and moisture resistance, its electrostrictive actuator itself was heavy, and it had the trouble of being easy to be influenced on actuation of a harmful oscillation (for example, the residual vibration and the noise oscillation at the time of a fast operation).

[0008] In order to solve said trouble, filling up a pore 202 with the filler which has flexibility is proposed, but it is distinct that the amount of the variation rate by the inverse piezoelectric effect or the electrostrictive effect falls only by using a filler.

[0009] Furthermore, the actuator indicated by said JP,63-64640,A It adds to sticking bimorph to a holddown member or a junction member. Since it is the thing of the structure which comes to stick the two own piezo-electric child of bimorph, it is easy to remain the stress resulting from those attachment, heat-treatment, hardening contraction of adhesives concerning lamination, etc. with the internal residual stress Displacement actuation is barred and there is a

possibility that the variation rate as a design and resonance frequency may be unrealizable. Especially, when an actuator is small in size, the effect of adhesives will become large naturally.

[0010] Then, as an approach of eliminating the effect of the adhesives concerning attachment, an actuator is constituted from an one baking object of the ceramics, and it is possible to consider as the structure which does not use adhesives. However, a possibility that internal residual stress may occur must have been escaped also in this case by the difference in the heat shrink behavior of each part material at the time of baking.

[0011] Furthermore, when an actuator was small in size, it was inherent in the problem that the stability of the actuator and the mounting nature of other components to an actuator fall.

[0012] This invention is made in consideration of such a technical problem. Lightweight-izing of a device, While being able to raise the mounting nature of the components to moving part, or the stability of a device in the handling nature list of lightweight-izing of moving part or a fixed part, and a device and being able to displace moving part greatly by the low battery relatively by this especially Can make improvement in the speed (raise in resonance frequency) of a device, especially displacement actuation of moving part attain, moreover, are hard to be influenced of a harmful oscillation, and a high-speed response is possible. A mechanical strength is high and it aims at offering the piezo-electricity / electrostriction device which can obtain the displacement component excellent in handling nature, shock resistance, and moisture resistance, and the sensor component which can detect an oscillation of moving part with a sufficient precision in a list, and its manufacture approach.

[0013]

[Means for Solving the Problem] This invention possesses the sheet metal section of the couple which carries out phase opposite, and the fixed part which supports these sheet metal section. It has moving part in a part for the point of the sheet metal section of said couple. The inside of the sheet metal section of said couple, It is the piezo-electricity / electrostriction device with which one or more piezo-electricity / electrostriction components were arranged in at least one sheet metal section, and either said moving part or a fixed part has the end face which counters mutually, and it is characterized by the distance between said end faces being more than the die length of said moving part.

[0014] Said moving part, a fixed part, and the sheet metal section may be constituted using the ceramics or a metal, can also constitute each part from ceramic ingredients, or can also constitute it from metallic materials. Furthermore, it can also constitute as hybrid construction which combined what was manufactured from the ceramics and a metaled ingredient.

[0015] And the excision section is prepared in either said moving part or a fixed part, and you may make it said a part of excision section constitute said end face which counters mutually. Furthermore, it unifies by carrying out simultaneous baking of the ceramic Green layered product, and you may make it constitute said sheet metal section, said moving part, and said fixed part from a ceramic base which comes to excise a still more unnecessary part. Moreover, said piezo-electricity / electrostriction component are made into the shape of film, and you may make it unite with said ceramic base by baking.

[0016] In this case, said piezo-electricity / electrostriction component can have and constitute piezo-electricity / electrostriction layer, and the electrode of the couple formed in this piezo-electricity / electrostriction layer. Moreover, said piezo-electricity / electrostriction component have piezo-electricity / electrostriction layer, and the electrode of the couple formed in the both sides of this piezo-electricity / electrostriction layer, and you may make it form one electrode in said sheet metal section at least among the electrodes of this couple. In this case, the oscillation by piezo-electricity / electrostriction component can be efficiently transmitted to moving part or a fixed part through the sheet metal section, and improvement in responsibility can be aimed at. As for especially said piezo-electricity / electrostriction component, it is desirable that the plurality of the electrode of said piezo-electricity / electrostriction layer, and said couple consists of laminating gestalten.

[0017] While the generating force of piezo-electricity / electrostriction component increases and has and about is planned very much by making it such a configuration, high resonance frequency-ization is attained and there is the description that improvement in the speed of displacement actuation can be attained easily because the rigidity of the device itself increases.

[0018] It is good also as an opening and between said end faces which counter mutually And the member same between said end faces which counter mutually as the configuration member of either said moving part or a fixed part or two or more different members, Glass, cement, organic resin, etc. are mentioned. Preferably For example, organic resin, For example, you may make it make such mixture, such as an epoxy system, acrylic, a polyimide system, a phenol system, a silicone system, a terpene system, a xylene system, a styrene system, a melamine system, an methacrylic system, and a rubber system, or a copolymer intervene. It is desirable to make the organic resin of an epoxy system, acrylic, and an methacrylic system etc. intervene from points, such as junction nature, handling nature, and hardness, especially.

Furthermore, it is desirable to also make fillers, such as an inorganic material, mix in order to raise a degree of hardness.

[0019] It becomes possible to raise resonance frequency, without reducing the amount of displacement of moving part or a fixed part, since it can make a member lighter than the configuration member of said moving part or a fixed part able to intervene between said end faces which counter mutually or lightweight-ization of moving part or a fixed part can be effectively attained by joining between end faces by the small thing also by said member, when between said end faces which counter mutually was especially made into the opening.

[0020] Moreover, when between said end faces which counter mutually is made into an opening, the moving part containing one end face or a part of fixed part, and moving part including an other-end side or another part of a fixed part becomes easy to bend, and it becomes strong to deformation. Therefore, it will excel in the handling nature of piezo-electricity / electrostriction device.

[0021] Furthermore, since the distance between end faces is more than the die length of said moving part, when attaching other components in moving part, the large clamp-face product can be taken and the mounting nature of components can be raised. Here, since considering the case where components are fixed with adhesives etc. it can hold on both sides of an article from both sides, components can be fixed certainly.

[0022] Furthermore, the height of the whole in which the height of an article and the height of moving part were no longer simply added, and included the article by holding on both sides of an article from both sides can be kept low. Furthermore, since the die length of moving part can be made smaller than the distance by the side of an end face, the physical properties of the adhesives on which components are pasted up can act effectively, and can enlarge a variation rate.

[0023] When it considers as the fixed part which has the end face which counters mutually on the other hand, it becomes possible to fix firmly the piezo-electricity / electrostriction device concerning this invention to a predetermined fixed portion, and improvement in dependability can be aimed at.

[0024] In this invention, the stability of the mounting nature of the components to moving part, a miniaturization, and a device can be raised also in lightweight-izing of a device in the handling nature of lightweight-izing of moving part or a fixed part, and a device, and a list. Thus, by this While being able to carry out the variation rate of the moving part greatly, can make improvement in the speed (raise in resonance frequency) of displacement actuation of moving part attain, moreover, are hard to be influenced of a harmful oscillation, and a high-speed response is possible. A mechanical strength is high and the displacement component excellent in handling nature, shock resistance, and moisture resistance and the sensor component which can detect an oscillation of moving part with a sufficient precision in a list can be obtained.

[0025] By the way, in manufacture of piezo-electricity / electrostriction device, by baking etc., when piezo-electricity / electrostriction component is formed for example, in a ceramic layered product (what carried out the laminating of the ceramic green sheet, and really calcinated it), internal residual stress will really using lamination or the film forming method mentioned later occur into the part used as piezo-electricity / electrostriction component, and/or the sheet metal section, for example. Especially when really forming piezo-electricity / electrostriction component in a ceramic layered product by baking, it becomes easy to generate internal residual stress into the part which serves as piezo-electricity / electrostriction component, and/or the sheet metal section by the contraction of a configuration member and the difference in coefficient of thermal expansion which are produced at the time of baking.

[0026] If piezo-electricity / electrostriction device is produced and used from this condition, even if it gives predetermined electric field to the piezo-electricity / electrostriction layer which constitutes piezo-electricity / electrostriction component, a desired variation rate may not be shown in moving part. This is because the material property of piezo-electricity / electrostriction layer and displacement actuation of moving part are checked by the internal residual stress generated in piezo-electricity / electrostriction component, and/or said sheet metal section.

[0027] Since he is trying to prepare the end face which counters either moving part or a fixed part mutually, the distance between end faces will be shortened by this invention, for example with the internal residual stress generated in said piezo-electricity / electrostriction component, and/or the sheet metal section. That is, the internal residual stress produced in piezo-electricity / electrostriction component, and/or the sheet metal section will be released by migration of an end face.

[0028] Furthermore, in this invention, since he is trying to take a large distance between end faces, even if the distance between end faces narrows with internal residual stress, only allowances to attach other components between these end faces can be given.

[0029] Thus, in this invention, it is lost that displacement actuation of moving part is checked by said internal residual stress, and displacement actuation of the moving part as a design can be obtained mostly. In addition, improvement in

the mechanical strength of a device can also be aimed at by release of this internal residual stress.

[0030] Moreover, when a pore is formed with both the walls of the sheet metal section of said couple, the wall of said moving part, the wall of two or more of said members, and the wall of said fixed part, you may make it filled up with a gel ingredient in this pore. in this case -- usually -- existence of a filler -- the variation rate of moving part -- the variation rate of lightweight-izing accompanying [ although actuation will receive a limit ] formation of the end face to moving part or a fixed part in above-mentioned invention, or moving part -- the variation rate of the moving part according to said filler since he is trying to attain buildup-ization of an amount -- a limit of operation is negated and the effectiveness by existence of a filler, i.e., a raise in resonance frequency, and rigid reservation can be realized.

[0031] Next, this invention possesses the sheet metal section of the couple which carries out phase opposite, and the fixed part which supports these sheet metal section. It has moving part in a part for the point of the sheet metal section of said couple. The inside of the sheet metal section of said couple, It is the manufacture approach of piezo-electricity / electrostriction device that one or more piezo-electricity / electrostriction components were arranged in at least one sheet metal section. After producing said piezo-electricity / electrostriction component on said sheet metal at least, one predetermined part of the parts used as the part which serves as said moving part, or a fixed part is excised. It is characterized by having the process which forms said moving part or fixed part which has the end face which counters mutually and, by which distance between said end faces was carried out to more than the die length of said moving part.

[0032] the internal residual stress generated in piezo-electricity / electrostriction component, and/or the sheet metal section at the time of manufacture since the moving part or the fixed part which has the end face which counters mutually would be prepared -- the distance between end faces -- for example, it is released by being shortened -- \*\*\*\*\* -- the variation rate of moving part -- actuation is not checked by said internal residual stress

[0033] After producing piezo-electricity / electrostriction component here, the condition that piezo-electricity / electrostriction layer was formed at least is shown, and after performing excision for forming the moving part or the fixed part which has the end face which counters mutually to the electrode formed after formation of piezo-electricity / electrostriction layer, you may make it form.

[0034] Moreover, without reducing the amount of displacement of moving part, since moving part or a fixed part is lightweight-ized by preparing the moving part or the fixed part which has the end face which counters mutually, the piezo-electricity / electrostriction device which becomes possible [ raising resonance frequency ] can be manufactured easily efficiently, and fertilization of the piezo-electricity / electrostriction device of high performance can be realized.

[0035] And in order to excel in the handling nature of piezo-electricity / electrostriction device since moving part or a fixed part becomes easy to bend and it becomes strong to deformation, and to make large existence of said end face which counters mutually, and distance between these end faces, when attaching other components in moving part, the large clamp-face product can be taken and the mounting nature of components can be raised. Moreover, a variation rate can be raised in case it pastes up on both sides of components.

[0036] Moreover, this invention possesses the sheet metal section of the couple which carries out phase opposite, and the fixed part which supports these sheet metal section. It has moving part in a part for the point of the sheet metal section of said couple. The inside of the sheet metal section of said couple, The ceramic green sheet which is the manufacture approach of piezo-electricity / electrostriction device that one or more piezo-electricity / electrostriction components were arranged in at least one sheet metal section, and has a window part at least, The ceramic Green layered product containing the ceramic green sheet used as said sheet metal section is really calcinated behind. The ceramic layered product production process which produces a ceramic layered product, and the process which forms said piezo-electricity / electrostriction component in the outside surface of the part which serves as said sheet metal section among said ceramic layered products, By at least one excision processing to the ceramic layered product in which said piezo-electricity / electrostriction component were formed It is characterized by including the excision process which forms said moving part or fixed part which has at least said end face which counters mutually and, by which distance between said end faces was carried out to more than the die length of said moving part.

[0037] This sets to manufacture of piezo-electricity / electrostriction device. Especially by baking Since the internal residual stress generated in piezo-electricity / electrostriction component, and/or the sheet metal section can be effectively released when piezo-electricity / electrostriction component is formed in a ceramic layered product, [ when producing piezo-electricity / electrostriction device using a ceramic green sheet laminated layers method ] The mounting nature of the components to moving part and the stability of a device can be raised in the handling nature of lightweight-izing of moving part or a fixed part, and a device, and a list, and, thereby, moving part can be displaced greatly also in lightweight-izing of a device.

[0038] And two or more ceramic green sheets which have a window part for said ceramic layered product production



process to form said moving part or fixed part which has the end face which counters mutually at least, The ceramic Green layered product containing the ceramic green sheet used as said sheet metal section is really calcinated behind, and said ceramic layered product is produced. Said excision process You may make it form said moving part or fixed part by which it has at least said end face which counters mutually, and distance between said end faces was carried out to more than the die length of said moving part by the excision processing to the ceramic layered product in which said piezo-electricity / electrostriction component were formed.

[0039] Moreover, two or more ceramic green sheets which have a window part for said ceramic layered product production process to form the part used as the part which serves as said moving part where a part of end face which counters mutually at least was connected, or said fixed part, The ceramic Green layered product containing the ceramic green sheet used as said sheet metal section is really calcinated behind, and said ceramic layered product is produced. Said excision process By excision processing to said ceramic layered product in which said piezo-electricity / electrostriction component were formed The part used as the part which serves as said moving part where a part of end face which counters mutually at least was connected, or a fixed part is formed. Furthermore, you may make it form said moving part or fixed part which has the end face which excises said joining segment and counters mutually and by which distance between said end faces was carried out to more than the die length of said moving part.

[0040] In addition, you may make it include the process which makes the configuration member of said moving part or a fixed part, and two or more different members intervene between said end faces which counter mutually. In this case, organic resin can be used as at least one member among said two or more members.

[0041] Therefore, according to the piezo-electricity / electrostriction device concerning this invention, and its manufacture approach Various transducers, various actuators, a frequency-domain functional part (filter), Others [ active elements /, such as a transformer, the object for a communication link, the trembler for power or a resonator, a radiator, and a discriminator, ], It can use as sensor components for [ various ] sensors, such as an ultrasonic sensor, an acceleration sensor and an angular-velocity sensor, and an impact sensor, a mass sensor. It can use suitable for the various actuators especially used for the variation rate of various precision components, such as an optical instrument and a precision mechanical equipment, etc., or the device of positioning adjustment and include-angle adjustment.

[0042]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the example of a gestalt of operation of the piezo-electricity / electrostriction device concerning this invention, and its manufacture approach is explained, referring to drawing 1 - drawing 40 .

[0043] Here, piezo-electricity / electrostriction device is concepts which include the component which changes electric energy and mechanical energy mutually by piezo-electricity / electrostriction component. Therefore, it is used most suitably as active elements, such as various actuators and vibrator, and a displacement component which used the variation rate by the inverse piezoelectric effect or the electrostrictive effect especially, and also may be suitably used as passive elements, such as an acceleration-sensor component and an impact sensor component.

[0044] As shown in drawing 1 , the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation possess the base 16 with which the sheet metal sections 12a and 12b of the couple which carries out phase opposite, and the fixed part 14 which supports these sheet metal sections 12a and 12b were formed in one, and piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b are formed, and it is constituted by the one section each of the sheet metal sections 12a and 12b of a couple, respectively.

[0045] That is, it has the configuration which the sheet metal sections 12a and 12b of a couple displace this piezo-electricity / electrostriction device 10 by actuation of said piezo-electricity / electrostriction component 18a, and/or 18b, or detects the variation rate of the sheet metal sections 12a and 12b by piezo-electricity / electrostriction component 18a, and/or 18b. Therefore, in the example of drawing 1 , the actuator sections 19a and 19b will consist of the sheet metal sections 12a and 12b, and piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b.

[0046] Furthermore, it will function as moving part 20a and 20b where a part for each point is made thick toward the inner direction, and this thick part displaces the sheet metal sections 12a and 12b of a couple with displacement actuation of the sheet metal sections 12a and 12b. Hereafter, a part for the point of the sheet metal sections 12a and 12b of a couple is described as moving part 20a and 20b.

[0047] In addition, about said base 16, although the whole was constituted using the ceramics or a metal, it is good also as hybrid construction which combined what was manufactured with the ingredient of others, the ceramics, and a metal.

[0048] Moreover, as for a base 16, it is desirable to constitute a base 16 from a ceramic layered product which could adopt the configuration of the metal integral construction unified by the structure of coming to paste up each part with adhesives, such as organic resin and glass, the ceramic integral construction which comes to unify a ceramic Green layered product by baking, low attachment, soldering, eutectic bonding, or welding, and unified the ceramic Green layered product by baking preferably.

[0049] Since a change of state with time hardly arises from not being placed between the joints of each part by adhesives, such a unification object of the ceramics can be easily manufactured with the ceramic green sheet laminated layers method which the dependability like a joint mentions later in addition to being high and structure advantageous to rigid reservation.

[0050] And piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b will prepare piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b as an exception object as below-mentioned, and will be stuck on a base 16 by adhesives, such as organic resin and glass, low attachment, soldering, eutectic bonding, etc., and also they will be formed in said the direct base 16 instead of attachment by using the film forming method.

[0051] Piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b have piezo-electricity / electrostriction layer 22, and the electrodes 24 and 26 of the couple formed in the both sides of this piezo-electricity / electrostriction layer 22, and are constituted, and one electrode 24 is formed in the sheet metal sections 12a and 12b of a couple at least among the electrodes 24 and 26 of this couple.

[0052] With the gestalt of this operation, the electrodes 24 and 26 of a couple are made into multilayer structure at piezo-electricity / electrostriction layer 22 list, respectively. Although the case where it considers as the piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b which carry out the laminating of one electrode 24 and the electrode 26 of another side alternately, respectively so that it may become cross-section \*\*\*\* ctenidium-like and by which the part to which one [ these ] electrode 24 and the electrode 26 of another side lap on both sides of piezo-electricity / electrostriction layer 22 in between was considered as the multistage configuration is explained to a subject You may be not only multilayer structure but monolayer structure. In this case, although especially a multilayer number is not limited, ten or less layers are five or less layers desirable still more preferably.

[0053] Drawing 1 shows the example which made piezo-electricity / electrostriction layer 22 the three-tiered structure, formed in the shape of a ctenidium so that one electrode 24 might be located in the underside (side face of the sheet metal sections 12a and 12b) of the 1st layer, and the top face of a two-layer eye, and was formed in the shape of a ctenidium so that the electrode 26 of another side might be located in the top face of the 1st layer, and the top face of the 3rd layer. Since the number of terminals 28 and 30 can be reduced in one electrode 24 list by carrying out the bond communalization of the electrode 26 comrades of another side, respectively in this configuration, enlargement of the size accompanying multilayering of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b can be suppressed.

[0054] In addition, impression of the electrical potential difference to the electrodes 24 and 26 of a couple is performed through the terminals (pad) 28 and 30 formed on the both-sides side (component forming face) of a fixed part 14 among each electrodes 24 and 26, respectively. The terminal 28 corresponding to one electrode 24 in the location of each terminals 28 and 30 is formed in the back end approach of a fixed part 14, and the terminal 30 corresponding to the electrode 26 of another side by the side of outer space is formed in the wall approach of a fixed part 14.

[0055] In this case, immobilization of piezo-electricity / electrostriction device 10 can be separately performed using a field other than the field where terminals 28 and 30 have been arranged, respectively, and high dependability can be acquired as a result to the both sides of immobilization of piezo-electricity / electrostriction device 10, and the electrical installation between a circuit, a terminal 28, and 30. In this configuration, electrical installation of terminals 28 and 30 and a circuit is performed by a flexible printed circuit (called FPC), a flexible flat cable (called FFC), wirebonding, etc.

[0056] Thus, while the driving force of the actuator sections 19a and 19b increases and has and about is planned very much by using the piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b of multilayer structure, high resonance frequency-ization is attained and improvement in the speed of displacement actuation can attain easily because the rigidity of piezo-electricity / electrostriction device 10 the very thing increases.

[0057] In addition, what is necessary is just to decide a number of stages etc. suitably according to an application and a busy condition, in carrying out in order for power consumption to also increase in connection with it although buildup of the driving force of the actuator sections 19a and 19b is achieved if a number of stages is made [ many ]. moreover, in the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation Even if it raises the driving force of the actuator sections 19a and 19b by using piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b, fundamentally Since the width of face (distance of Y shaft orientations) of the sheet metal sections 12a and 12b is eternal, For example, when applying to actuators, such as positioning of the magnetic head for hard disks used in a very narrow gap, and ringing control, it becomes a very desirable device.

[0058] As other examples of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b For example, as shown in drawing 2 , the example which made piezo-electricity / electrostriction layer 22 five layer systems, formed one electrode 24 in the shape of a ctenidium so that it might be located in the top face of the 1st layer, the top face of the 3rd layer, and the top face of the 5th layer, and formed the electrode 26 of another side in the shape of a ctenidium so that it might be located in the top face of a two-layer eye and the top face of the 4th layer may be shown.

[0059] Moreover, similarly piezo-electricity / electrostriction layer 22 is made into five layer systems, one electrode 24 is formed in the shape of a ctenidium so that it may be located in the top face of the 1st layer, the top face of the 3rd layer, and the top face of the 5th layer, and you may make it form the electrode 26 of another side in the shape of a ctenidium so that it may be located in the underside of the 1st layer, the top face of a two-layer eye, and the top face of the 4th layer as shown in drawing 3 .

[0060] In addition, impression of the electrical potential difference to the electrodes 24 and 26 of a couple is performed through the edge (it is hereafter described as terminal areas 24a and 26a) of each electrodes 24 and 26 formed on layer [ 5th ] piezo-electricity / the electrostriction layer 22. Each terminal areas 24a and 26a are estranged and formed in extent which can be insulated electrically.

[0061] Although the case where it constituted from so-called sandwich structure which made piezo-electricity / electrostriction layer 22 intervene between the electrode 24 of a couple and 26 in above-mentioned piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b was shown In addition, as are shown in drawing 4 , and you may make it form the electrodes 24 and 26 of the couple of a tandem type in one principal plane of the piezo-electricity / electrostriction layer 22 formed in the side face of the sheet metal sections 12a and 12b at least and it is shown in drawing 5 The electrodes 24 and 26 of the couple of a tandem type are embedded in the piezo-electricity / electrostriction layer 22 formed in the side face of the sheet metal sections 12a and 12b at least, and you may make it form.

[0062] In the case of the structure shown in drawing 4 , there is an advantage that power consumption can be stopped low, and, in the case of the structure shown in drawing 5 , it becomes very advantageous to generating of an about from it being the structure where the inverse piezoelectric effect of the big direction of electric field of distortion and the generating force can be used effectively.

[0063] Specifically, the piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b which are shown in drawing 4 have the structure where come to form the electrodes 24 and 26 of the couple of tandem-type structure in one principal plane of piezo-electricity / electrostriction layer 22, and one electrode 24 and the electrode 26 of another side counter mutually with the gap 32 of fixed width of face alternately. Although drawing 4 showed the example which formed the electrodes 24 and 26 of a couple in one principal plane of piezo-electricity / electrostriction layer 22 In addition, may make it form the electrodes 24 and 26 of a couple between the sheet metal sections 12a and 12b, and the piezo-electricity / electrostriction layer 22, and You may make it form the electrodes 24 and 26 of the couple of a tandem type in the 1 principal-plane list of piezo-electricity / electrostriction layer 22, respectively between the sheet metal sections 12a and 12b, and the piezo-electricity / electrostriction layer 22.

[0064] On the other hand, the electrodes 24 and 26 of the couple of tandem-type structure are formed, and the piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b which are shown in drawing 5 have the structure where one electrode 24 and the electrode 26 of another side counter mutually with the gap 32 of fixed width of face alternately so that it may be embedded in piezo-electricity / electrostriction layer 22.

[0065] It can use suitable for the piezo-electricity / electrostriction device 10 which piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b as shown in such drawing 4 and drawing 5 also require for the gestalt of this operation. Like the piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b which are shown in drawing 4 and drawing 5 , when using the electrodes 24 and 26 of the couple of a tandem type, it is making small the pitch D of the ctenidium of each electrodes 24 and 26, and it is possible to enlarge the variation rate of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b.

[0066] And the distance  $L_c$  between end-face 34a which counters mutually and 34b of moving part 20a and 20b As it is carried out to more than die-length (accuracy die length of Z shaft orientations of moving parta [ 20 ] and 20b)  $D_f$  of moving part 20a and 20b and is shown in drawing 1 between these end-faces 34a and 34b Like the piezo-electricity / electrostriction devices 10a and 10b concerning the 1st and 2nd modifications which you may make it make an opening (air) 36 intervene, and are shown in drawing 6 and drawing 7 You may make it make two or more members which consist of the same construction material as a configuration member or different construction material of moving part 20a and 20b intervene among these end faces 34a and 34b. In this case, the end faces 34a and 34b which counter mutually [ each moving part 20a and 20b ] will function as clamp faces 34a and 34b.

[0067] The piezo-electricity / electrostriction device 10a concerning the 1st modification shown in drawing 6 show the case where set up the distance  $L_c$  between clamp-face 34a and 34b by about 1.5 times the die length  $D_f$  of moving part 20a and 20b, and three spacing members 37A, 37B, and 37C of the thickness respectively almost same between clamp-face 34a and 34b are made to intervene.

[0068] The piezo-electricity / electrostriction device 10b concerning the 2nd modification shown in drawing 7 show the case where set up the distance  $L_c$  between clamp-face 34a and 34b by about 1.5 times the die length  $D_f$  of moving part 20a and 20b, and one big spacing member 37 is pasted up between clamp-face 34a and 34b through adhesives 38.

[0069] Furthermore, in the piezo-electricity / electrostriction device 10b which starts the 2nd modification, for example, as shown, for example in drawing 8, it is desirable to make almost equal distance  $L_a$  and  $L_b$  from the medial axis  $n$  of a spacing member 37 to each end faces 34a and 34b.

[0070] In the piezo-electricity / electrostriction devices 10a and 10b concerning these 1st and 2nd modifications In three spacing member 37A - 37C (refer to drawing 6) lists, a spacing member 37 (refer to drawing 7) The configuration of a rectangular parallelepiped is presented mostly and the area of each side face (field which counters the moving part 20a and 20b of the sheet metal sections 12a and 12b) is set up almost similarly to the area of the clamp faces 34a and 34b in the moving part 20a and 20b of the sheet metal sections 12a and 12b.

[0071] Here, actuation of the piezo-electricity / electrostriction device 10b concerning the 2nd modification is explained. first, two piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b -- the natural condition 18a and 18b, i.e., piezo-electricity / electrostriction components, -- both -- a variation rate -- when not operating, it is shown in drawing 8 -- as -- the major axis (medial axis of a fixed part 14)  $m$  of piezo-electricity / electrostriction device 10b, and the medial axis  $n$  of a spacing member 37 -- about -- I am doing one.

[0072] From this condition, as shown, for example in the wave form chart of drawing 9 A, the sine wave  $W_a$  which has the predetermined bias potential  $V_b$  is applied to the electrodes 24 and 26 of the couple in one piezo-electricity / electrostriction component 18a, and as shown in drawing 9 B, the sine wave  $W_b$  from which about about 180 degrees of phases differ is applied to the electrodes 24 and 26 of the couple in the piezo-electricity / electrostriction component 18b of another side in said sine wave  $W_a$ .

[0073] And in the phase where the electrical potential difference of maximum was impressed as opposed to the electrodes 24 and 26 of the couple in one piezo-electricity / electrostriction component 18a, the piezo-electricity / electrostriction layer 22 in one piezo-electricity / electrostriction component 18a carry out contraction displacement in the direction of a principal plane. By this, as shown in drawing 10, as shown in an arrow head A, to one sheet metal section 12a This sheet metal section 12a since the stress of the direction sagged rightward occurs, for example, one [ this ] sheet metal section 12a It bends rightward, and since it will be in the condition that the electrical potential difference is not impressed to the electrodes 24 and 26 of the couple in the piezo-electricity / electrostriction component 18b of another side, at this time, sheet metal section 12b of another side follows bending of one sheet metal section 12a, and bends rightward. Consequently, a spacing member 37 is displaced rightward as opposed to the major axis  $m$  of piezo-electricity / electrostriction device 10b in moving-part 20a and 20b list. In addition, the amount of displacement also becomes large, so that the amount of displacement changes according to the maximum of the electrical potential difference impressed to each piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b, for example, maximum becomes large.

[0074] When the piezo-electricity / electrostriction ingredient which has a high coercive electric field as a component of piezo-electricity / electrostriction layer 22 especially are applied, you may make it adjust said bias potential so that the level of the minimum value may turn into negative level slightly as shown in the wave of the two-dot chain line of drawing 9 A and drawing 9 B. In this case, the stress of the same direction occurs with the bending direction of one sheet metal section 12a in sheet metal section 12b of another side, and actuation of the piezo-electricity / electrostriction component (for example, piezo-electricity / electrostriction component 18b of another side) to which this negative level is impressed enables it to enlarge the amount of displacement of a spacing member 37 more at moving-part 20a and 20b list. That is, the piezo-electricity / electrostriction component 18b, or 18a to which negative level is impressed can give the function to consider as a support the piezo-electricity / electrostriction component 18a, or 18b which is the subject of displacement actuation, by using a wave as shown in the two-dot chain line in drawing 9 A and drawing 9 B.

[0075] Thus, it sets to the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation. In order for a variation rate with minute piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b to be amplified by big displacement actuation using bending of the sheet metal sections 12a and 12b and to transmit to moving part 20a and 20b, It becomes possible to carry out the variation rate of the moving part 20a and 20b greatly to the major axis  $m$  of piezo-electricity / electrostriction device 10b.

[0076] He is trying to establish especially the clamp faces 34a and 34b which counter mutually in moving part 20a and 20b with the gestalt of this operation. By in this case, the thing made for the member lighter than the configuration member of moving part 20a and 20b among said clamp faces 34a and 34b which counter mutually in making into an opening 36 between the clamp faces 34a and 34b which counter mutually to intervene It becomes possible to raise resonance frequency, without being able to attain effectively lightweight-ization of moving part 20a and 20b, and reducing the amount of displacement of moving part 20a and 20b.

[0077] Here, a frequency switches in alternation the electrical potential difference impressed to the electrodes 24 and 26 of a couple, and shows the frequency of the voltage waveform when carrying out the variation rate of the moving part

20a and 20b to right and left, and resonance frequency shows the maximum frequency which displacement actuation of moving part 20a and 20b can follow by the predetermined oscillation mode.

[0078] Moreover, it sets to the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation. Since the fixed part 14 is united with moving part 20a and 20b, sheet metal section 12a, and 12b list and the piezo-electricity / electrostriction ingredient which is a brittle and comparatively heavy ingredient do not need to constitute all parts, A mechanical strength is high, is excellent in handling nature, shock resistance, and moisture resistance, and has on actuation the advantage of being hard to be influenced of a harmful oscillation (for example, the residual vibration and the noise oscillation at the time of a fast operation).

[0079] Furthermore, in the gestalt of this operation, when between the clamp faces 34a and 34b which counter mutually is made into an opening 36, moving-part 20a containing one clamp-face 34a and moving-part 20b containing clamp-face 34b of another side become easy to bend, and it becomes strong to deformation. Therefore, it will excel in the handling nature of piezo-electricity / electrostriction device 10.

[0080] Moreover, the surface area of moving part 20a and 20b becomes large by existence of said clamp faces 34a and 34b which counter mutually. Therefore, when attaching other components in moving part 20a and 20b, the large clamp-face product can be taken and the mounting nature of components can be raised. Here, an article will paste up components not only through the principal plane (a front face and/or tooth back) of moving part 20a and 20b but through the clamp faces 34a and 34b which counter mutually, considering the case where it fixes with adhesives etc., and components can be fixed certainly.

[0081] In the gestalt of this operation piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b Moreover, piezo-electricity / electrostriction layer 22, Since the electrodes 24 and 26 of the couple formed in the both sides of this piezo-electricity / electrostriction layer 22 are had and constituted and one electrode 24 was directly formed in the side face of the sheet metal sections 12a and 12b at least among the electrodes 24 and 26 of a couple The oscillation by piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b can be efficiently transmitted to moving part 20a and 20b through the sheet metal sections 12a and 12b, and improvement in responsibility can be aimed at.

[0082] Moreover, he is trying to form continuously from a part of fixed part 14 in the gestalt of this operation, applying [ to which the electrodes 24 and 26 of a couple lap on both sides of piezo-electricity / electrostriction layer 22 in between ] it to a part of sheet metal sections 12a and 12b (a part for the substantial actuator 40), as shown, for example in drawing 1 . Although there is a possibility that deformation for said substantial actuator [ 40 ] and deformation of the sheet metal sections 12a and 12b may conflict, and it may become impossible for displacement actuation of moving part 20a and 20b to obtain a big variation rate when it forms in some moving part 20a and 20b further, having applied a part for the substantial actuator 40 Since it forms with the gestalt of this operation so that a part for said substantial actuator 40 may not be applied to both moving part 20a and 20b and the fixed part 14, The inconvenience that displacement actuation of moving part 20a and 20b is restricted is avoided, and the amount of displacement of moving part 20a and 20b can be enlarged.

[0083] On the contrary, when forming piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b in some moving part 20a and 20b, it is desirable to form so that the amount of [ 40 ] said substantial actuator may make it applied and located in a part of sheet metal sections 12a and 12b from some moving part 20a and 20b. This is because displacement actuation of moving part 20a and 20b will be restricted as mentioned above if a part for the substantial actuator 40 is formed over a part of fixed part 14.

[0084] Although the above-mentioned example showed the example which established clamp faces 34a and 34b in moving part 20a and 20b, you may make it form end faces 34a and 34b in a fixed part 14 like the piezo-electricity / electrostriction device 10c concerning the 3rd modification shown in drawing 11 . The moving part 20a and 20b established in a part for the point of the sheet metal sections 12a and 12b of a couple in this case has the configuration connected with one, and the end faces 34a and 34b which counter a fixed part 14 mutually will be formed.

[0085] It becomes possible to fix firmly the piezo-electricity / electrostriction device 10c concerning this 3rd modification to a predetermined fixed portion in addition to the effectiveness in the case of having the clamp faces 34a and 34b which counter mutually by this the moving part 20a and 20b which mentioned above, and improvement in dependability can be aimed at. As for the die length for the substantial actuator 40, it is desirable to carry out to 20% - 95% of the die length of the sheet metal sections 12a and 12b, and it is still more desirable to consider as 40% - 80%.

[0086] Next, the desirable example of a configuration of the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation is explained.

[0087] First, in order to make displacement actuation of moving part 20a and 20b into a positive thing, it is desirable to make or more [ of the thickness Dd of the sheet metal sections 12a and 12b ] into 1/2 distance Dg the amount of [ of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b / 40 ] substantial actuator starts a fixed part 14 or moving

part 20a and 20b.

[0088] and the ratio of the distance  $D_a$  between the walls of the sheet metal sections 12a and 12b (distance of X shaft orientations), and the width of face (distance of Y shaft orientations)  $D_b$  of the sheet metal sections 12a and 12b -- it constitutes so that  $D_a/D_b$  may be set to 0.5-20. Aforementioned ratio  $D_a/D_b$  is preferably set to 1-15, and is set to 1-10 still more preferably. this ratio -- the default value of  $D_a/D_b$  -- the variation rate of moving part 20a and 20b -- it is the convention based on discovery of an amount being enlarged and being able to obtain dominantly the variation rate in a X-Z flat surface.

[0089] on the other hand -- the ratio of the die length (distance of Z shaft orientations)  $D_e$  of the sheet metal sections 12a and 12b, and the distance  $D_a$  between the walls of the sheet metal sections 12a and 12b -- in  $D_e/D_a$ , it is desirable for it to be preferably referred to as 0.5-10, and to be referred to as 0.5-5 still more preferably. this ratio -- the variation rate of the moving part 20a and 20b between which, as for the default value of  $D_e/D_a$ , it was placed by the spacing member (37A-37C, and 37) -- resonance frequency high [ that an amount can be enlarged ] -- a variation rate -- it can operate -- \*\* (a high speed of response can be attained) -- it is the convention based on the discovery to say.

[0090] therefore, the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation -- the influence by Y shaft orientations -- a variation rate -- Or in order to consider as the structure of controlling an oscillation, and excelling in high-speed responsibility, and having a big variation rate by the low battery relatively a ratio --  $D_a/D_b$  -- 0.5-20 -- carrying out -- and a ratio -- setting  $D_e/D_a$  to 0.5-10 -- desirable -- further -- desirable -- a ratio --  $D_a/D_b$  -- 1-10 -- carrying out -- and a ratio -- it is setting  $D_e/D_a$  to 0.5-5.

[0091] Furthermore, in the piezo-electricity / electrostriction device 10b which starts the 2nd modification, for example, although a pore 42 will be formed with both the walls of the sheet metal sections 12a and 12b of a couple, the wall of moving part 20a and 20b, the wall (and wall of adhesives 38) of a spacing member 37, and the wall of a fixed part 14, it is desirable to fill up this pore 42, gel ingredient, for example, silicon gel. Usually, although displacement actuation of moving part 20a and 20b will receive a limit by existence of a filler Since he is trying to attain lightweight-izing and buildup-izing of the amount of displacement of moving part 20a and 20b accompanying the formation of end faces 34a and 34b to moving part 20a and 20b in this 2nd modification, A limit of displacement actuation of the moving part 20a and 20b by said filler is negated, and the effectiveness by existence of a filler, i.e., a raise in resonance frequency, and rigid reservation can be realized.

[0092] Moreover, the short thing of the die length (distance of Z shaft orientations)  $D_f$  of moving part 20a and 20b is desirable. It is because buildup of lightweight-izing and resonance frequency is achieved by shortening. Furthermore, a variation rate can be raised in case an article is pinched. however -- in order to secure the rigidity of X shaft orientations of moving part 20a and 20b and to make the variation rate into a positive thing -- a ratio with the thickness  $D_d$  of the sheet metal sections 12a and 12b -- it is desirable to make  $D_f/D_d$  or more into five preferably two or more.

[0093] In addition, the actual size of each part will be set to the reinforcement of the plane-of-composition product [ for installation ], and piezo-electricity / electrostriction devices, such as plane-of-composition product [ for attaching the plane-of-composition product for installation of the components to moving part 20a and 20b and a fixed part 14 in other members ], and terminal for electrodes, 10 whole, durability, and the required amount list of displacement in consideration of resonance frequency, driver voltage, etc.

[0094] 100 micrometers - 2000 micrometers are specifically desirable still more desirable, and the distance  $D_a$  between the walls of the sheet metal sections 12a and 12b is 200 micrometers - 1600 micrometers. 50 micrometers - 2000 micrometers are desirable still more desirable, and the width of face  $D_b$  of the sheet metal sections 12a and 12b is 100 micrometers - 500 micrometers. the thickness  $D_d$  of the sheet metal sections 12a and 12b -- the variation rate to Y shaft orientations -- the influence which is a component -- in relation with the width of face  $D_b$  of the sheet metal sections 12a and 12b, it considers as  $D_b > D_d$  and 2 micrometers - 100 micrometers are 10 micrometers - 80 micrometers desirable still more preferably so that a variation rate can control effectively.

[0095] 200 micrometers - 3000 micrometers are desirable still more desirable, and the die length  $D_e$  of the sheet metal sections 12a and 12b is 300 micrometers - 2000 micrometers. 50 micrometers - 2000 micrometers are 100 micrometers - 1000 micrometers desirable still more preferably, and the die length  $D_f$  of moving part 20a and 20b is 200 micrometers - 600 micrometers more preferably.

[0096] Although the variation rate of Y shaft orientations does not exceed 10% to the variation rate of X shaft orientations by making it such a configuration, the extremely excellent effectiveness that low-battery actuation is possible by adjusting suitably in the range of the above-mentioned rate of a proportion and an above-mentioned actual size, and the displacement component to Y shaft orientations can be controlled to 5% or less is shown. That is, moving part 20a and 20b will displace to 1 shaft orientations of X shaft orientations substantially, moreover, is excellent in high-speed responsibility, and can get a big variation rate by the low battery relatively.



[0097] Moreover, it sets to this piezo-electricity / electrostriction device 10. tabular [ the tabular configuration of a device is / like before ] (a variation rate -- the thickness of the direction which intersects perpendicularly with a direction is small) -- not but Moving part 20a and 20b and a fixed part 14 are presenting the configuration (the thickness of the direction which intersects perpendicularly in the displacement direction is large) of a rectangular parallelepiped. Since the sheet metal sections 12a and 12b of a couple are formed so that the side face of moving part 20a and 20b and a fixed part 14 may continue, rigidity of Y shaft orientations of piezo-electricity / electrostriction device 10 can be selectively made high.

[0098] That is, in this piezo-electricity / electrostriction device 10, only actuation of the moving part 20a and 20b within a flat surface (inside of XZ flat surface) can be generated selectively, and the actuation within YZ side of moving part 20a and 20b (the so-called actuation of the influence direction) can be controlled.

[0099] Next, each component of the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation is explained.

[0100] As moving part 20a and 20b mentioned above, it is the part which operates based on the amount of actuation of the sheet metal sections 12a and 12b, and piezo-electricity / electrostriction device 10 responds in activity eye, and various members are attached. For example, if it is the case where piezo-electricity / electrostriction device 10 is used as a displacement component, the shield of an optical shutter etc. will be attached, and if it is especially used for positioning and the ringing inhibition mechanism of the magnetic head of a hard disk drive, the member which needs positioning of the suspension which has the slider which has the magnetic head and the magnetic head, and a slider will be attached.

[0101] A fixed part 14 is a part which supports moving part 20a and 20b in sheet metal section 12a and 12b list as mentioned above, for example, when using for positioning of the magnetic head of said hard disk drive, whole piezo-electricity / electrostriction device 10 are fixed to a fixed plate or a suspension attached in the carriage arm attached in VCM (voice coil motor), and this carriage arm by carrying out support immobilization of the fixed part 14. Moreover, as shown in drawing 1, the terminal 28 for driving piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b and the member of 30 and others may be arranged at this fixed part 14.

[0102] Although it is not limited as an ingredient which constitutes a fixed part 14 in moving-part 20a and 20b list especially as long as it has rigidity, the ceramics which can apply the ceramic green sheet laminated layers method mentioned later can be used suitably. Although the ingredient which uses zirconias including fully stabilized zirconia and partially stabilized zirconia, an alumina, a magnesia, silicon nitride, aluminum nitride, and titanium oxide as a principal component is specifically mentioned and also the ingredient which used such mixture as the principal component is mentioned, the ingredient with which a mechanical strength and toughness use a zirconia, especially fully stabilized zirconia as a principal component in a high point, and the ingredient which uses partially stabilized zirconia as a principal component are desirable. Moreover, in a metallic material, although it is not limited as long as it has rigidity, stainless steel, nickel, etc. are mentioned.

[0103] The sheet metal sections 12a and 12b are parts driven with the variation rate of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b, as mentioned above. telescopic motion of the piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b which the sheet metal sections 12a and 12b are the members of the shape of sheet metal which has flexibility, and were arranged in the front face -- a variation rate -- crookedness -- it amplifies as a variation rate and has the function transmitted to moving part 20a and 20b. Therefore, if the configuration and construction material of the sheet metal sections 12a and 12b have flexibility and have the mechanical strength of extent which is not damaged by flexion deformity, it is sufficient for them, and they can be suitably chosen in consideration of the responsibility of moving part 20a and 20b, and operability.

[0104] As for the thickness Dd of the sheet metal sections 12a and 12b, it is desirable to be referred to as 2 micrometers - about 100 micrometers, and it is [ the thickness which doubled the sheet metal sections 12a and 12b, and the piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b ] desirable to be referred to as 7 micrometers - 500 micrometers. As for the thickness of 0.1 micrometers - 50 micrometers, and the piezo-electricity / electrostriction layer 22, it is [ the thickness of electrodes 24 and 26 ] desirable to be referred to as 3 micrometers - 300 micrometers.

[0105] By the ability using suitably the same ceramics as moving part 20a and 20b or a fixed part 14 as an ingredient which constitutes the sheet metal sections 12a and 12b, even if a zirconia, the ingredient which uses fully stabilized zirconia as a principal component especially, and the ingredient which uses partially stabilized zirconia as a principal component are thin meat, it is most suitably used from that a mechanical strength is large, that toughness is high, and reactivity with piezo-electricity / electrostriction layer, or electrode material being small.

[0106] Moreover, as an iron system ingredient, it is desirable to constitute from various stainless steel and various spring steel steel, and it is desirable, although to have flexibility and what is necessary is just the metallic material which

can be deformed by flexion as above-mentioned, also when it constitutes from a metallic material preferably as a non-iron system ingredient to constitute from beryllium copper, phosphor bronze, nickel, and a ferronickel alloy.

[0107] That by which partial stabilization was carried out as follows in partially stabilized zirconia in the stabilization list at said fully-stabilized-zirconia list is desirable. That is, the stabilization of a zirconia made into the object is [ add / not only addition of one kind of compound but / an oxidation yttrium, an oxidation ytterbium, cerium oxide, a calcium oxide, and a magnesium oxide being in a stabilization list as a compound which carries out partial stabilization, and adding one of compounds / them / and making a zirconia contain at least, or / combining these compounds ] possible.

[0108] In addition, as an addition of each compound, if it is in the case of an oxidation yttrium or an oxidation ytterbium 1-30-mol % -- preferably, if it is in the case of 1.5-10-mol % and cerium oxide 6-50-mol % -- preferably, if it is in the case of 8-20-mol % and a calcium oxide, or a magnesium oxide Although it is desirable % and to 5-40-mol consider as 5-20-mol % preferably, also especially in it, it is desirable to use yttrium oxide as a stabilizing agent, and it is desirable % and to 1.5-10-mol consider as 2-4-mol % still more preferably in that case. Moreover, although it is possible to add an alumina, a silica, a transition-metals oxide, etc. in 0.05 - 20wt% as additives, such as sintering acid, when adopting the baking unification by the film forming method as the formation technique of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b, it is also desirable to add an alumina, a magnesia, a transition-metals oxide, etc. as an additive.

[0109] In addition, it is desirable to set preferably 0.05-3 micrometers of average crystal particle diameter of a zirconia to 0.05-1 micrometer so that a mechanical strength and the stable crystal phase may be obtained. Moreover, although the same ceramics as a fixed part 14 can be used for moving-part 20a and 20b list about the sheet metal sections 12a and 12b as mentioned above, constituting preferably using the same ingredient substantially is advantageous when aiming at reduction of the dependability for a joint, the reinforcement of piezo-electricity / electrostriction device 10, and the complicatedness of manufacture.

[0110] Although piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b have the electrodes 24 and 26 of the couple for applying electric field to piezo-electricity / electrostriction layer 22, and this the piezo-electricity / electrostriction layer 22 at least and piezo-electricity / electrostriction components, such as a uni-morph mold and a bimorph mold, can be used for them It excels in the stability of the amount of displacement to generate, and since it is advantageous to lightweight-izing, the direction of the uni-morph mold combined with the sheet metal sections 12a and 12b is suitable for such piezo-electricity / an electrostriction device 10.

[0111] Said piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b have the desirable direction formed in the side face of the sheet metal sections 12a and 12b at the point that the sheet metal sections 12a and 12b can be made to drive more greatly, as shown in drawing 1.

[0112] Although electrostrictive ceramics is suitably used for piezo-electricity / electrostriction layer 22, it is also possible to use the electrostriction ceramics, the ferroelectric ceramics, or the anti-ferroelectric substance ceramics. However, since linearity with the amount of displacement of moving part 20a and 20b, driver voltage, or output voltage is made important when using this piezo-electricity / electrostriction device 10 for positioning of the magnetic head of a hard disk drive etc., it is desirable to use the small ingredient of distortion hysteresis, and it is desirable that a coercive electric field uses an ingredient 10kV [ /mm ] or less.

[0113] The ceramics which is independent or contains lead zirconate, lead titanate, magnesium niobic acid lead, nickel niobic acid lead, zinc niobic acid lead, manganese niobic acid lead, antimony stannic-acid lead, manganese tungstic-acid lead, cobalt niobic acid lead, barium titanate, a titanate-acid sodium bismuth, niobic acid potassium sodium, a tantalate acid strontium bismuth, etc. as mixture as a concrete ingredient is mentioned.

[0114] Especially, it has a high electromechanical coupling coefficient and a high piezoelectric constant, and reactivity with the sheet metal sections 12a and 12b at the time of sintering of piezo-electricity / electrostriction layer 22 (ceramics) is small, and the ingredient which uses lead zirconate, lead titanate, and magnesium niobic acid lead as a principal component, or the ingredient which uses a titanate acid sodium bismuth as a principal component is suitably use in the point that the thing of the stable presentation is obtain.

[0115] Furthermore, the ceramics which is independent or mixed oxides, such as a lanthanum, calcium, strontium, molybdenum, a tungsten, barium, niobium, zinc, nickel, manganese, a cerium, cadmium, chromium, cobalt, antimony, iron, an yttrium, a tantalum, a lithium, a bismuth, and tin, etc. into said ingredient may be used.

[0116] For example, an advantage, like adjustment of a coercive electric field and a piezo-electric property is attained can be acquired by making the lead zirconate, lead titanate, and magnesium niobic acid lead which are a principal component contain a lanthanum and strontium.

[0117] In addition, as for addition of ingredients which are easy to vitrify, such as a silica, avoiding is desirable. It is



because ingredients, such as a silica, tend to react with piezo-electricity / electrostriction ingredient at the time of heat treatment of piezo-electricity / electrostriction layer 22, the presentation is fluctuated and a piezo-electric property is degraded.

[0118] On the other hand, the electrodes 24 and 26 of the couple of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b are a solid-state at a room temperature and it is desirable to consist of metals excellent in conductivity. For example, aluminum, titanium, chromium, iron, cobalt, nickel, copper, Zinc, niobium, molybdenum, a ruthenium, palladium, a rhodium, silver, Metal simple substances, such as tin, a tantalum, a tungsten, iridium, platinum, gold, and lead, or these alloys are used, and the cermet ingredient which made these distribute the same ingredient as piezo-electricity / electrostriction layer 22, or the sheet metal sections 12a and 12b further may be used.

[0119] It opts for the material selection of the electrodes 24 and 26 in piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b depending on the formation approach of piezo-electricity / electrostriction layer 22. For example, when forming piezo-electricity / electrostriction layer 22 by baking on one [ this ] electrode 24 after forming one electrode 24 on sheet metal section 12a and 12b Although it is necessary to use refractory metals, such as platinum which does not change in the burning temperature of piezo-electricity / electrostriction layer 22, palladium, a platinum-palladium alloy, and a silver-palladium alloy, for one electrode 24 After forming piezo-electricity / electrostriction layer 22, since the electrode 26 of another side of the outermost layer of drum formed on this piezo-electricity / electrostriction layer 22 can perform electrode formation at low temperature, low melting point metals, such as aluminum, gold, and silver, can be used for it as a principal component.

[0120] Moreover, as for the thickness of electrodes 24 and 26, it is desirable to use ingredients, such as the organic metal paste with which the precise and thinner film is obtained after baking, for example, a golden resinate paste, a platinum resinate paste, and a silver resinate paste, for the electrode in which the factor which reduces the variation rate of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b not a little is formed after baking of a sake, especially the piezo-electricity / electrostriction layer 22.

[0121] Although the above-mentioned example showed the case where thickness of moving part 20a and 20b formed in a part for the point of the sheet metal sections 12a and 12b at one was made thicker than the thickness Dd of the sheet metal sections 12a and 12b In addition, like the piezo-electricity / electrostriction device 10d concerning the 4th modification shown in drawing 12 , even if almost the same as the thickness Dd of the sheet metal sections 12a and 12b in the thickness of moving part 20a and 20b, it is good. Thereby, when attaching an article in moving part 20a and 20b, it becomes possible to attach so that the article of the magnitude equivalent to the distance between sheet metal section 12a and 12b may be put between moving-part 20a and 20b. In this case, the adhesives field (for example, adhesives 38 of drawing 7 ) for attaching an article will correspond to moving part 20a and 20b.

[0122] And piezo-electricity / electrostriction device 10 can be used suitable for various sensors, such as an ultrasonic sensor, an acceleration sensor and an angular-velocity sensor, and an impact sensor, a mass sensor, and has the further advantage that sensitivity settling of a sensor can be performed easily, by adjusting suitably the size of the body attached between end faces 34a and 34b thru/or sheet metal section 12a, and 12b.

[0123] Next, it explains, referring to drawing 13 - drawing 15 about the piezo-electricity / electrostriction devices 10e-10g concerning the 5th as a gestalt of more desirable operation of this invention - the 7th modification.

[0124] First, although the piezo-electricity / electrostriction device 10e concerning the 5th modification have the almost same configuration as the piezo-electricity / electrostriction device 10 explained until now as shown in drawing 13 , the configurations of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b etc. differ in respect of the following.

[0125] That is, piezo-electricity / electrostriction layer 22 is made into four layer systems, piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b are formed in the shape of a ctenidium so that one electrode 24 may be located in the top face of the 1st layer, and the top face of the 3rd layer, and they are formed in the shape of a ctenidium so that the electrode 26 of another side may be located in the underside of the 1st layer, the top face of a two-layer eye, and the top face of the 4th layer.

[0126] It is formed mostly continuously, especially covering [ of another side located in the underside of the 1st layer / 26 ] it over each side face of the sheet metal sections 12a and 12b, moving part 20a and 20b, and a fixed part 14, and further, it is detached in part in the side face of a fixed part 14, and constitutes the slit 70.

[0127] The meaning which formed this slit 70 does not make the actuator in the back end section 72 (part from the back end side edge section of a slit 70 to the back end of a fixed part 14) of \*\*:piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b drive, \*\*: it is making a short circuit hard to produce at the edge of one terminal 28, and arranging an electrode material on the underside of the piezo-electricity / electrostriction layer 22 in the back end section of \*\*:piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b.

[0128] In addition, when it is not desirable to objection to form a slit 70, it is not necessary to necessarily form a slit 70,

and it may be omitted.

[0129] If shown in drawing 13 , the thickness Dd of the sheet metal sections 12a and 12b here 0.05mm, The distance Dh from the side face of one sheet metal section 12a to the side face of sheet metal section 12b of another side 1.3mm, The die length Di (the die length of the fixed part 14 in alignment with shaft orientations (piezo-electricity / electrostriction device 10f)) of a fixed part 14 0.4mm, The die length Df of moving part 20a and 20b the width of face Dj of 0.3mm and moving part 20a and 20b 0.25mm, The die length Dm (distance from the head of moving part 20a and 20b to the back end of a fixed part 14) of the whole (0.05mm, and piezo-electricity / electrostriction device 10f) of the amount Dk of projection of moving part 20a and 20b is 1.9mm. The case where the minimum distance between end-face 34a and 34b (it is equivalent to the distance Lc of drawing 1 ) is 1.04mm is shown.

[0130] The dimension of each part is controlled in \*\*10% of range to an above-mentioned dimension, and if moving part 20a and 20b is connected by the spacing member 37 of the same construction material as a configuration member as shown in drawing 7 between end-face 34a and 34b in this case, the resonance frequency of 45\*\*10kHz, and the piezo-electricity / electrostriction device beyond displacement 0.5micrometer (30Vpp) will be obtained.

[0131] Although drawing 13 shows that each end face of the piezo-electricity / electrostriction layer 22 of four layer systems is arranged, it is desirable to make it go to the method of inside gradually as it becomes the upper layer about the end face of piezo-electricity / electrostriction layer 22, and to prepare a level difference.

[0132] Next, the piezo-electricity / electrostriction device 10f concerning the 6th modification, although it has the almost same configuration as the piezo-electricity / electrostriction device 10e concerning the 5th modification as shown in drawing 14 , the configurations of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b differ in respect of the following.

[0133] That is, piezo-electricity / electrostriction layer 22 is made into a three-tiered structure, piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b are formed in the shape of a ctenidium so that one electrode 24 may be located in a part of underside of the 1st layer, and the top face of a two-layer eye, and they are formed in the shape of a ctenidium so that the electrode 26 of another side may be located in a part of underside of the 1st layer, the top face of the 1st layer, and the top face of the 3rd layer.

[0134] While is especially located in the underside of the 1st layer. An electrode 24 and another side an electrode 26 The electrode of another side which is separated through the slit 70 in a part of sheet metal sections 12a and 12b, and is located in the underside of the 1st layer While is located in the underside of the 1st layer, and it is continuously applied and formed in the upper bed of moving part 20a and 20b from a slit 70, and is continuously formed from the slit 70, covering [ 24 ] it over the back end of a fixed part 14.

[0135] Next, the piezo-electricity / electrostriction device 10g concerning the 7th modification, although it has the almost same configuration as the piezo-electricity / electrostriction device 10f concerning the 6th modification as shown in drawing 15 , the formation patterns of the electrodes 24 and 26 of a couple differ in respect of the following.

[0136] That is, one electrode 24 is formed in the shape of a ctenidium so that it may be located in the underside of the layer [ 1st ] piezo-electricity / the electrostriction layer 22, and the top face of a two-layer eye, and the electrode 26 of another side is formed in the shape of a ctenidium so that it may be located in the top face of the layer [ 1st ] piezo-electricity / the electrostriction layer 22, and the top face of the 3rd layer.

[0137] Especially, while is located in the underside of the 1st layer and it is continuously formed in each side face of the sheet metal sections 12a and 12b, moving part 20a and 20b, and a fixed part 14, covering an electrode 24.

[0138] If the difference between the piezo-electricity / electrostriction device 10f concerning the 6th modification is explained here, the piezo-electricity / electrostriction device 10f concerning the 6th modification As shown in drawing 14 , from both one electrode 24 and the electrode 26 of another side being formed on sheet metal section 12a In the ends (edge corresponding to the back end of the edge corresponding to the head of moving part 20a and 20b, and a fixed part 14) of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b, the electrodes 24 and 26 with which the polarity was mutually made into reverse will be located.

[0139] On the other hand, in the piezo-electricity / electrostriction device 10g concerning the 7th modification, since only one electrode 24 is formed on sheet metal section 12a and 12b as shown in drawing 15 , in the ends of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b, the electrode 24 with which the polarity was mutually made the same will be located. The polar description of these edges will be used combining suitably the circuit where piezo-electricity / electrostriction device 10g is used.

[0140] Moreover, in the piezo-electricity / electrostriction device 10f concerning the 6th modification, although the amount of [ of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b ] substantial actuator is a part with which the electrodes 24 and 26 of a couple lap, as shown in drawing 14 , it is a part with which the electrodes 24 and 26 formed in each class of piezo-electricity / electrostriction layer 22 lap, and is a kind of the part shown in the range C.

[0141] The amount of [ on the other hand, / concerning the 7th modification / piezo-electricity / electrostriction device 10g ] substantial actuator The part with which the electrodes 24 and 26 formed in each class of piezo-electricity / electrostriction layer 22 lap (part shown in the range C), While was formed in the top face of the piezo-electricity / electrostriction layer 22 of a two-layer eye, and it is located in the moving-part 20a and 20b side rather than the edge of an electrode 24. It is two sorts of a part (part shown in the range D) with which the electrodes 24 and 26 of a couple lap through layer [ 1st ] piezo-electricity / the electrostriction layer 22, and the description is in the place where the part shown in the range D also serves as a driving source.

[0142] Next, some manufacture approaches of of the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation are explained, referring to drawing 16 - drawing 40 .

[0143] The piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation The component of each part material is used as the ceramics. As a component of piezo-electricity / electrostriction device 10 The base 12a and 16 12b except piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b, i.e., the sheet metal sections, It is desirable to use and manufacture a ceramic green sheet laminated layers method about moving part 20a and 20b in fixed part 14 list, and, on the other hand, it makes the start piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b. About each terminals 28 and 30, it is desirable to manufacture using the film formation technique, such as a thin film and a thick film.

[0144] According to the ceramic green sheet laminated layers method which can fabricate each part material in the base 16 of piezo-electricity / electrostriction device 10 in one, since the change of state of the joint of each part material with time hardly arises, the dependability like a joint is a high and approach advantageous to rigid reservation.

[0145] the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation -- the boundary partial (part for joint) list of the sheet metal sections 12a and 12b and a fixed part 14 -- the boundary part (a part for a joint) of the sheet metal sections 12a and 12b and moving part 20a and 20b -- a variation rate -- since it becomes the supporting point of a manifestation, the dependability for a joint is the important point which influences the property of piezo-electricity / electrostriction device 10.

[0146] since [ moreover, ] the manufacture approach shown below is excellent in productivity or a moldability -- the piezo-electricity / electrostriction device 10 of a predetermined configuration -- a short time -- and it can obtain with sufficient repeatability.

[0147] Hereafter, the 1st manufacture approach of of the piezo-electricity / electrostriction device 10 concretely applied to the gestalt of this operation is explained. Here, the definition is carried out. The layered product obtained by carrying out the laminating of the ceramic green sheet is defined as the ceramic Green layered product 58 (for example, refer to drawing 17 ). What calcinated this ceramic Green layered product 58, and was unified is defined as the ceramic layered product 60 (for example, refer to drawing 18 ). The thing which excises an unnecessary part from this ceramic layered product 60 and by which the fixed part 14 was united with moving part 20a and 20b, sheet metal section 12a, and 12b list is defined as ceramic base 16C (refer to drawing 19 ).

[0148] Moreover, in this 1st manufacture approach, it is the gestalt which has arrange two or more piezo-electricity / electrostriction devices 10 in the lengthwise direction and the longitudinal direction in the same substrate, respectively, and the ceramic layered product 60 is eventually cut per chip, and although many piezo-electricity / electrostriction devices 10 are take and are carry out at the same process, in order to simplify explanation, it explains by making one - piece picking of piezo-electricity / electrostriction device 10 into a subject.

[0149] First, addition mixing of a binder, a solvent, a dispersant, the plasticizer, etc. is carried out at ceramic powder, such as a zirconia, a slurry is produced, and the ceramic green sheet which has predetermined thickness for this by approaches, such as the reverse roll coater method and a doctor blade method, after degassing processing is produced.

[0150] Next, by approaches using metal mold, such as blanking and laser beam machining, a ceramic green sheet is processed into various configurations like drawing 16 , and the ceramic green sheets 50A-50I for base formation of two or more sheets, and 52A and 52B are obtained.

[0151] These ceramic green sheets 50A-50I, and 52A and 52B have the ceramic green sheets 50A-50I of two or more sheets (for example, nine sheets) with which the window part 54 for forming space between sheet metal section 12a and 12b at least was formed, and the ceramic green sheets 52A and 52B of two or more sheets (for example, two sheets) which serve as the sheet metal sections 12a and 12b behind. In addition, the number of sheets of a ceramic green sheet is an example to the last.

[0152] Then, as shown in drawing 17 , as the ceramic green sheets 50A-50I are put with the ceramic green sheets 52A and 52B, a laminating and after being stuck by pressure and considering as the ceramic Green layered product 58, this ceramic Green layered product 58 is calcinated for these ceramic green sheets 50A-50I, and 52A and 52B, and the ceramic layered product 60 (refer to drawing 18 ) is obtained.

[0153] In addition, the count of sticking by pressure or sequence for laminating unification are not limited. It can be decided suitably that desired structure is acquired by the configuration of a window part 54, the number of sheets of a ceramic green sheet, etc., corresponding to structure.

[0154] Not all the configurations of a window part 54 need to be the same, and can be determined according to a desired function. Moreover, the number of sheets of a ceramic green sheet and especially the thickness of each ceramic green sheet are not limited, either.

[0155] Sticking by pressure can raise laminating nature more by applying heat. Moreover, the laminating nature of a ceramic green sheet interface can be raised by applying and printing a paste, a slurry, etc. which made the subject ceramic powder (desirable in respect of the same as that of the ceramics used for the ceramic green sheet, or the dependability reservation by it being a similar presentation), and a binder on a ceramic green sheet, and considering as a junction auxiliary layer. In addition, it is desirable to deal with it using the polyethylene terephthalate film with which the ceramic green sheets 52A and 52B coated the front face with the release agent of a silicone system also in the plastic film when thin.

[0156] Next, as shown in drawing 18, piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b are formed in both the front faces of said ceramic layered product 60, i.e., the front face on which the ceramic green sheets 52A and 52B are equivalent to the front face by which the laminating was carried out, respectively. As a method of forming piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b, the thin film forming methods, such as the thick-film forming methods, such as screen printing, a dipping method, the applying method, and an electrophoresis method, the ion beam method and the sputtering method, vacuum deposition, the ion plating method, a chemical-vapor-deposition method (CVD), and plating, can be used.

[0157] Integration can be made easy, while being able to join and arrange piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b, and the sheet metal sections 12a and 12b in one and being able to secure dependability and repeatability, without using adhesives by forming piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b using such a film forming method.

[0158] In this case, it is desirable to form piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b by the thick-film forming method. It is because good piezo-electricity / electrostriction property can be acquired by being able to film-ize the particle of 0.05-3-micrometer electrostrictive ceramics, and powder the mean particle diameter of 0.01-5 micrometers using the paste used as a principal component, a slurry or a suspension, an emulsion, a sol, etc. preferably, and calcinating it if the thick-film forming method is especially used in formation of piezo-electricity / electrostriction layer 22.

[0159] In addition, an electrophoresis method has the advantage that it is a high consistency and the film can be formed in a high configuration precision. Moreover, since screen printing can make film formation and pattern formation simultaneous, it is advantageous to simplification of a production process.

[0160] Concretely, formation of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b is explained. First, the ceramic Green layered product 58 is calcinated at the temperature of 1200 degrees C - 1600 degrees C. After unifying and obtaining the ceramic layered product 60, one [ of the sheet metal sections 12a and 12b ] 1st electrode 24 is printed and calcinated in the predetermined location of both the front faces of this ceramic layered product 60. Subsequently Print and calcinate piezo-electricity / electrostriction layer 22, and one [ said ] 1st electrode 24 and the electrode 26 of another side which makes a pair are printed further. It calcinates, and these are repeated the number of predetermined times (when piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b consist of multilayer piezo-electricity / electrostriction layer 22), and piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b are formed. Then, the terminals 28 and 30 for connecting each electrodes 24 and 26 to an actuation circuit electrically are printed and calcinated.

[0161] Moreover, one [ of the lowest layer ] 1st electrode 24 is printed and calcinated, piezo-electricity / electrostriction layer 22, one 1st electrode 24, and the electrode 26 of the 1st another side which makes a pair are printed and calcinated, only the count of predetermined may repeat printing and baking in this unit, and piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b may be formed.

[0162] here -- as one electrode 24 -- as platinum (Pt) piezo-electricity / electrostriction layer 22 -- as PZT (PZT) and the electrode 26 of another side -- gold (Au) -- further -- as terminals 28 and 30 -- silver (Ag) -- as -- If an ingredient is selected so that the burning temperature of each part material may become low according to the order of a laminating, in a certain baking phase, resintering of the ingredient calcinated from it before does not happen, but generating of the nonconformity of exfoliation and condensation of electrode material etc. can be avoided.

[0163] In addition, by choosing a suitable ingredient, each part material and terminals 28 and 30 of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b are printed serially, really calcinating at once is also possible, and after forming

the piezo-electricity / electrostriction layer 22 of an outermost layer of drum, the electrode 26 grade of an outermost layer of drum can also be prepared at low temperature.

[0164] Moreover, each part material and terminals 28 and 30 of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b may be formed by the thin film forming methods, such as a sputter and vacuum deposition, and do not necessarily need heat treatment in this case.

[0165] In formation of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b, piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b are beforehand formed in both the front faces of the ceramic Green layered product 58, i.e., each front face of the ceramic green sheets 52A and 52B, and calcinating simultaneously this ceramic Green layered product 58, and the piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b is also performed preferably. If in charge of simultaneous baking, it may be made to calcinate to all the configuration film of the ceramic Green layered product 58, and the piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b, and simultaneous baking of one electrode 24 and ceramic Green layered product 58 is carried out, or the approach of carrying out simultaneous baking of other configuration film and ceramic Green layered products 58 except the electrode 26 of another side etc. is mentioned.

[0166] As an approach of carrying out simultaneous baking of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b, and the ceramic Green layered product 58 The precursor of piezo-electricity / electrostriction layer 22 is fabricated by the tape-forming method using a slurry raw material etc. The approach of carrying out the laminating of the precursor of the piezo-electricity / electrostriction layer 22 before this baking by thermocompression bonding etc. on the front face of the ceramic Green layered product 58, calcinating it simultaneously, and producing simultaneously moving part 20a and 20b, the sheet metal sections 12a and 12b, the piezo-electricity / electrostriction layer 22, and a fixed part 14 is mentioned. However, it is necessary to form an electrode 24 in the front face of the ceramic Green layered product 58, and/or the piezo-electricity / electrostriction layer 22 beforehand by this approach using the film forming method mentioned above.

[0167] As the other approaches, the electrodes 24 and 26, and the piezo-electricity / electrostriction layer 22 which is each configuration layer of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b is formed in the part of the ceramic Green layered product 58 which serves as the sheet metal sections 12a and 12b eventually at least by screen-stencil, and calcinating simultaneously is mentioned.

[0168] Although the burning temperature of the configuration film of piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b is suitably determined by the ingredient which constitutes this, generally, it is 500 degrees C - 1500 degrees C, and is 1000 degrees C - 1400 degrees C preferably to piezo-electricity / electrostriction layer 22. In this case, in order to control the presentation of piezo-electricity / electrostriction layer 22, it is desirable to sinter under existence of the evaporation source of the ingredient of piezo-electricity / electrostriction layer 22. In addition, to carry out simultaneous baking of piezo-electricity / electrostriction layer 22, and the ceramic Green layered product 58, it is required to double both baking conditions. that by which piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b are not necessarily formed in both sides of the ceramic layered product 60 or the ceramic Green layered product 58 -- it is not -- one side -- it is easy to be natural.

[0169] Next, an unnecessary part is excised among the ceramic layered products 60 in which piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b were formed as mentioned above. The locations to excise are the flank of the ceramic layered product 60, and a part (a cutting plane line C1 and C2 reference) where the pore 42 by the window part 54 is especially formed in the side face of the ceramic layered product 60 of this excision.

[0170] Subsequently, as shown in drawing 19, core part 20c of the part which serves as moving part 20a and 20b is cut and removed along with cutting plane lines C3 and C4, and the piezo-electricity / electrostriction device 10 with which piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b were formed in ceramic base 16C by which the fixed part 14 was united with moving part 20a and 20b, sheet metal section 12a, and 12b list are produced. As the approach of excision, it is possible to apply laser beam machining and electron beam machining of dicing processing, wire saw processing, etc., such as a YAG laser besides machining and excimer laser.

[0171] Moreover, it will be processed into logging of ceramic base 16C combining these processing approaches. For example, as for cutting plane lines C1 and C2 (refer to drawing 18), it is desirable to consider as wire saw processing and to consider the end faces 34a and 34b of the fixed part 14 which intersects perpendicularly with cutting plane lines C1 and C2, and moving part 20a and 20b as dicing processing.

[0172] By the way, it sets to the 1st manufacture approach of of above-mentioned piezo-electricity / electrostriction device 10. Since he is trying to really form piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b on sheet metal section 12a and 12b by baking, As shown in drawing 20 A, in the contraction of piezo-electricity / electrostriction layer 22 and the electrodes 24 and 26 of a couple which are produced at the time of baking, and piezo-electricity / electrostriction layer 22 list by the difference in coefficient of thermal expansion with the sheet metal sections 12a and

12b etc. In sheet metal section 12a and 12b list, for example, piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b It displaces slightly so that it may become a convex toward a pore 42, and it will be in the condition that distortion arose geometrically, and will become easy to generate internal residual stress in piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b (especially piezo-electricity / electrostriction layer 22), or the sheet metal sections 12a and 12b.

[0173] Generating of the internal residual stress in these sheet metal sections 12a and 12b, or the piezo-electricity / electrostriction layer 22 is produced also when really which was mentioned above sticking the piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b of another object on the sheet metal sections 12a and 12b besides baking with adhesives. That is, in case adhesives are fixed or hardened, internal residual stress will occur by hardening contraction of adhesives etc. in the sheet metal sections 12a and 12b, or the piezo-electricity / electrostriction layer 22. Furthermore, when heating is required, internal residual stress becomes the immobilization or hardening with a big thing.

[0174] If piezo-electricity / electrostriction device 10 is used in this condition, even if it gives predetermined electric field to piezo-electricity / electrostriction layer 22, a desired variation rate may not be shown in moving part 20a and 20b. This is because the material property of piezo-electricity / electrostriction layer 22 and displacement actuation of moving part 20a and 20b are checked by the internal residual stress generated in said sheet metal sections 12a and 12b, or the piezo-electricity / electrostriction layer 22.

[0175] Then, he is trying only for the predetermined width of face W1 (for example, 100 micrometers) to excise core part 20c of moving part 20a and 20b by this 1st manufacture approach, as shown in drawing 20 A. Although the end faces 34a and 34b which counter mutually are formed in moving part 20a and 20b of excision of this core part 20c as shown in drawing 20 B With the internal residual stress generated in the sheet metal sections 12a and 12b, or the piezo-electricity / electrostriction layer 22, it moves in the direction in which these end faces 34a and 34b approach mutually, and the width of face of each end faces 34a and 34b after migration turns into the 2nd short predetermined width of face W2 (for example, 30 micrometers) from said predetermined width of face W1. As for the 2nd predetermined width of face W2, the direction of a head will become shorter if it explains in full detail more.

[0176] Migration of these end faces 34a and 34b is followed on release of the internal residual stress generated in the sheet metal sections 12a and 12b, or the piezo-electricity / electrostriction layer 22. Where internal residual stress is released, when piezo-electricity / electrostriction device 10 is used, moving part 20a and 20b will show the displacement actuation as a design mostly, and will show a good device property. As this effectiveness excises a part of part used as a fixed part 14, for example, shows it to drawing 11 When the end faces 34a and 34b which counter a fixed part 14 mutually are formed, are the same. In this case The internal residual stress generated in the sheet metal sections 12a and 12b, or the piezo-electricity / electrostriction layer 22 will be released by migration of the end faces 34a and 34b which were formed in the fixed part 14 and which counter mutually. In addition, about the end faces 34a and 34b which counter, the same effectiveness is not necessarily acquired not only excision for a core of moving part 20a and 20b or a fixed part 14 but by excising and forming the part which swerved from the core.

[0177] It is desirable to heat-treat at 300 degrees C - 800 degrees C after excision in excision shown in drawing 18 or excision shown in drawing 19 . This is because said defect can be removed and dependability improves by said heat treatment, although it is easy to produce defects, such as a micro crack, in piezo-electricity / electrostriction device 10 by processing. Furthermore, it is desirable to leave it at the temperature of about 80 degrees C after said heat treatment for about at least 10 hours, and to perform aging processing. It is because the stress of the carrier beam versatility in a manufacture process etc. can be eased further and it contributes to improvement in a property by this aging processing.

[0178] Next, it explains, referring to drawing 21 - drawing 24 about the 2nd manufacture approach. First, the ceramic green sheets 50A-50D of two or more sheets (for example, four sheets) with which the window part 54 for forming space between sheet metal section 12a and 12b at least was formed as shown in drawing 21 , The ceramic green sheets 102A-102G of two or more sheets (for example, seven sheets) with which continuation formation of the window part 100 for forming the window part 54 for forming space between sheet metal section 12a and 12b and the moving part 20a and 20b which has the end faces 34a and 34b which counter mutually was carried out, The ceramic green sheets 52A and 52B of two or more sheets (for example, two sheets) used as the sheet metal sections 12a and 12b are prepared for behind.

[0179] Then, as are shown in drawing 22 , and 102A-102G are put between ceramic green sheet 50A - 50D list with the ceramic green sheets 52A and 52B, the laminating and sticking by pressure of 102A-102G are done, and it considers as the ceramic Green layered product 58 at these ceramic green sheets 50A-50D, 52A, and 52B list. In this laminating, the ceramic green sheets 102A-102G are located in the center, and carry out a laminating. Since the part which does not require a pressure at the time of sticking by pressure occurs by existence of a window part 100 at this time, a laminating, the sequence of sticking by pressure, etc. are changed and it is necessary to make it such a part not generated. This is the same also by the 3rd and 4th manufacture approaches mentioned later. Then, the ceramic Green layered product 58 is



calcinated and the ceramic layered product 60 (refer to drawing 23 ) is obtained.

[0180] Next, the piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b of multilayer structure are formed in both the front faces of said ceramic layered product 60, i.e., the front face on which the ceramic green sheets 52A and 52B are equivalent to the front face by which the laminating was carried out, respectively, and piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b are made to unite with the ceramic layered product 60 by baking, as shown in drawing 23 . Of course, piezo-electricity / electrostriction component 10 may be formed only on the surface of one side. This is the same also by the 3rd and 4th manufacture approaches mentioned later.

[0181] Next, the flank and point of the ceramic layered product 60 are excised by cutting along with cutting plane lines C1, C2, and C5 among the ceramic layered products 60 in which piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b were formed. By this excision, as shown in drawing 24 , the piezo-electricity / electrostriction device 10 with which piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b were formed in ceramic base 16C, and the moving part 20a and 20b which has the end faces 34a and 34b which counter mutually was formed are obtained. After cutting the timing of cutting along with cutting plane lines C1 and C2, it may be cut along with a cutting plane line C5, and after cutting along with a cutting plane line C5, it may be cut along with cutting plane lines C1 and C2. Of course, it may be made to perform these cutting simultaneously. Moreover, you may make it also cut suitably the end face of a cutting plane line C5 and the fixed part 14 which counters.

[0182] In this 2nd manufacture approach, at the same time it excised the unnecessary part from the ceramic layered product 60 Since the piezo-electricity / electrostriction device 10 with which piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b were formed in ceramic base 16C, and the moving part 20a and 20b which has the end faces 34a and 34b which counter mutually was formed can be obtained, While being able to attain simplification of a production process, the yield of piezo-electricity / electrostriction device 10 can be raised. In this case, it is desirable, especially in case two or more piezo-electricity / electrostriction devices 10 are arranged in a lengthwise direction and a longitudinal direction, respectively, and a large number are taken and it carries out at the same process into the same substrate. Compared with the 1st manufacture approach, it is because it is easy to process much formation of end faces 34a and 34b at the same process.

[0183] Next, it explains, referring to drawing 25 - drawing 28 about the 3rd manufacture approach. First, the ceramic green sheets 50A-50D of two or more sheets (for example, four sheets) with which the window part 54 for forming space between sheet metal section 12a and 12b at least was formed as shown in drawing 25 , Continuation formation of the window part 104 for forming partial 20D (referring to drawing 28 ) which serves as the moving part 20a and 20b where the end faces 34a and 34b which counter mutually were connected with the window part 54 for forming space between sheet metal section 12a and 12b in part is carried out. a window part 54 -- going -- a part -- flare appearance -- the ceramic green sheets 108A-108G of two or more sheets (for example, seven sheets) with which the overhang section 106 was formed the bottom, and the ceramic green sheets 52A and 52B of two or more sheets (for example, two sheets) which serve as the sheet metal sections 12a and 12b behind are prepared.

[0184] Then, as shown in drawing 26 , as the ceramic green sheets 50A-50D; and 108A-108G are put with the ceramic green sheets 52A and 52B, the laminating and sticking by pressure of these ceramic green sheets 50A-50D, 52A, and 52B, 108A-108G are done, and it considers as the ceramic Green layered product 58. In this laminating, the ceramic green sheets 108A-108G are located in the center, and carry out a laminating. Then, the ceramic Green layered product 58 is calcinated and the ceramic layered product 60 (refer to drawing 27 ) is obtained.

[0185] Next, the piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b of multilayer structure are formed in both the front faces of said ceramic layered product 60, i.e., the front face on which the ceramic green sheets 52A and 52B are equivalent to the front face by which the laminating was carried out, respectively, and piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b are made to unite with the ceramic layered product 60 by baking, as shown in drawing 27 .

[0186] Next, the flank and point of the ceramic layered product 60 are excised by cutting along with cutting plane lines C1, C2, and C5 among the ceramic layered products 60 in which piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b were formed. Although piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b are formed by this excision at a fixed part 14, sheet metal section 12a, and 12b list as shown in drawing 28 , partial 20D which serves as moving part 20a and 20b is in the condition that the end faces 34a and 34b which counter mutually were connected in part by the overhang section 106.

[0187] Next, said overhang section 106 which has connected in part the end faces 34a and 34b which counter mutually is excised, and the piezo-electricity / electrostriction device 10 with which piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b were formed in ceramic base 16C by which the fixed part 14 was united with moving part 20a and 20b, sheet metal section 12a, and 12b list are produced.

[0188] In this 3rd manufacture approach, in a culmination, since what is necessary is just to excise the thin overhang section 106 which has connected in part the end faces 34a and 34b which counter mutually, while being able to excise simply and certainly and being able to attain simplification of a production process, the yield of piezo-electricity / electrostriction device 10 can be raised.

[0189] Next, it explains, referring to drawing 29 - drawing 32 about the 4th manufacture approach. First, the ceramic green sheets 50A-50D of two or more sheets (for example, four sheets) with which the window part 54 for forming space between sheet metal section 12a and 12b at least was formed as shown in drawing 29 , The window part 104 for forming partial 20D (referring to drawing 32 ) which serves as the moving part 20a and 20b where the end faces 34a and 34b which counter mutually were connected with the window part 54 for forming space between sheet metal section 12a and 12b in part is formed. a window part 54 and a window part 104 are separated -- as -- a crosspiece -- the ceramic green sheets 114A-114G of two or more sheets (for example, seven sheets) with which the section 112 was formed, and the ceramic green sheets 52A and 52B of two or more sheets (for example, two sheets) which serve as the sheet metal sections 12a and 12b behind are prepared.

[0190] Then, as shown in drawing 30 , as the ceramic green sheets 50A-50D, and 114A-114G are put with the ceramic green sheets 52A and 52B, the laminating and sticking by pressure of these ceramic green sheets 50A-50D, 52A, and 52B, 114A-114G are done, and it considers as the ceramic Green layered product 58. In this laminating, the ceramic green sheets 114A-114G are located in the center, and carry out a laminating. Then, the ceramic Green layered product 58 is calcinated and the ceramic layered product 60 (refer to drawing 31 ) is obtained.

[0191] Next, the piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b of multilayer structure are formed in both the front faces of said ceramic layered product 60, i.e., the front face on which the ceramic green sheets 52A and 52B are equivalent to the front face by which the laminating was carried out, respectively, and piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b are made to unite with the ceramic layered product 60 by baking, as shown in drawing 31 .

[0192] Next, the flank and point of the ceramic layered product 60 are excised by cutting along with cutting plane lines C1, C2, and C5 among the ceramic layered products 60 in which piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b were formed. the end faces 34a and 34b which partial 20D which serves as moving part 20a and 20b counters mutually although piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b are formed by this excision at a fixed part 14, sheet metal section 12a, and 12b list as shown in drawing 32 -- a crosspiece -- it is in the condition that the part was connected by the section 112.

[0193] Next, said \*\*\*\* 112 which has connected in part the end faces 34a and 34b which counter mutually is excised, and the piezo-electricity / electrostriction device 10 with which piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b were formed in ceramic base 16C by which the fixed part 14 was united with moving part 20a and 20b, sheet metal section 12a, and 12b list are produced.

[0194] the crosspiece which has connected in part the end faces 34a and 34b which counter mutually in a culmination in this 4th manufacture approach -- since what is necessary is just to excise the section 112, while being able to excise simply and certainly and being able to attain simplification of a production process, the yield of piezo-electricity / electrostriction device 10 can be raised.

[0195] Although the above-mentioned example showed the example which constituted said moving part 20a and 20b, a fixed part 14, and the sheet metal sections 12a and 12b from ceramic base 16C, each part can also consist of metallic materials. Furthermore, it can also constitute as hybrid construction which combined what was manufactured from the ceramics and a metal ingredient. In this case, in junction between metallic materials, and junction between the ceramics and a metallic material, the adhesion in organic resin, glass, etc., low attachment, soldering, eutectic bonding, welding, etc. can be used.

[0196] For example, it explains, referring to drawing 33 - drawing 40 about the manufacture approach (the 5th and the 6th manufacture approach) of of the piezo-electricity / electrostriction device of the hybrid construction which used moving part 20a and 20b and a fixed part 14 as the ceramics, and used the sheet metal sections 12a and 12b as the metal (piezo-electricity / electrostriction device 10h concerning the 8th modification). Therefore, the metal formed by these 5th and 6th manufacture approaches and the base containing the ceramics are described as base 16D.

[0197] The ceramic green sheets 50A-50D of two or more sheets (for example, four sheets) with which the window part 54 for the 5th manufacture approach to form space between sheet metal section 12a and 12b at least first as shown in drawing 33 was formed, Between sheet metal section 12a and 12b, space The window part 100 for forming the window part 54 for forming and the moving part 20a and 20b which has the end faces 34a and 34b which counter mutually prepares the ceramic green sheets 102A-102G of two or more sheets (for example, seven sheets) by which continuation formation was carried out.



[0198] Then, as shown in drawing 34 , the laminating and sticking by pressure of the ceramic green sheets 50A-50D, and 102A-102G are done, and it considers as the ceramic Green layered product 158. In this laminating, the ceramic green sheets 102A-102G are located in the center, and carry out a laminating. Then, the ceramic Green layered product 158 is calcinated, and as shown in drawing 35 , the ceramic layered product 160 is obtained. At this time, it becomes the form where the pore 130 was formed of window parts 54 and 100 at the ceramic layered product 160.

[0199] Next, as shown in drawing 36 , the piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b which were constituted as another object are pasted up on the front face of the metal plates 152A and 152B which serve as the sheet metal sections 12a and 12b, respectively with epoxy system adhesives. The piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b of another object can be formed for example, with a ceramic green sheet laminated layers method.

[0200] Next, as a pore 130 is closed, these metal plates 152A and 152B are pasted up on the ceramic layered product 160 with epoxy system adhesives, and it considers as the hybrid layered product 162 (refer to drawing 37 ) so that the ceramic layered product 160 may be put with metal plates 152A and 152B.

[0201] Next, as shown in drawing 37 , the flank and point of the hybrid layered product 162 are excised by cutting along with cutting plane lines C1, C2, and C5 among the hybrid layered products 162 in which piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b were formed. By this excision, as shown in drawing 38 , the piezo-electricity / electrostriction device 10h concerning the 8th modification in which piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b were formed in the sheet metal sections 12a and 12b which consisted of metal plates among base 16D, and the moving part 20a and 20b which has the end faces 34a and 34b which counter mutually was formed are obtained.

[0202] On the other hand, first, as shown in drawing 34 , the 6th manufacture approach does the laminating and sticking by pressure of the ceramic green sheets 50A-50D, and 102A-102G, and makes them the ceramic Green layered product 158. Then, the ceramic Green layered product 158 is calcinated, and as shown in drawing 39 , the ceramic layered product 160 is obtained. At this time, it becomes the form where the pore 130 by window parts 54 and 100 was formed at the ceramic layered product 160.

[0203] Next, as shown in drawing 40 , as a pore 130 is closed, these metal plates 152A and 152B are pasted up on the ceramic layered product 160 with epoxy system adhesives, and it considers as the hybrid layered product 162 so that the ceramic layered product 160 may be put with metal plates 152A and 152B. In case piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b are stuck on the front face of the pasted-up metal plates 152A and 152B at this time, as shown in drawing 39 , a pore 130 is filled up with a filler 164 if needed, so that sufficient adhesion pressure may be put.

[0204] Since it is necessary to remove a filler 164 eventually, it is easy to dissolve in a solvent etc., and it is desirable that it is a hard ingredient, for example, organic resin, a wax, a low, etc. are mentioned. Moreover, the ingredient which mixed ceramic powder as a filler is also employable as organic resin, such as an acrylic.

[0205] Next, as shown in drawing 40 , the piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b which were formed in the front face of the metal plates 152A and 152B in the hybrid layered product 162 as another object are pasted up with epoxy system adhesives. The piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b of another object can be formed for example, with a ceramic green sheet laminated layers method.

[0206] As the rest was mentioned above, it passes through the same process as drawing 37 and drawing 38 . The inside of base 16D, The piezo-electricity / electrostriction device 10h concerning the 8th modification in which piezo-electricity / electrostriction components 18a and 18b were formed in the sheet metal sections 12a and 12b which consisted of metal plates 152A and 152B, and the moving part 20a and 20b which has the end faces 34a and 34b which counter mutually was formed are obtained.

[0207] Moreover, what is necessary is to form the part equivalent to the ceramic layered product 160 in drawing 35 by casting, in using all base 16D as a metal, and also to carry out the laminating of the \*-like metal and just to form by the \*\*\*\*\*ing method.

[0208] According to the piezo-electricity / the electrostriction device mentioned above, various transducers, various actuators, A frequency-domain functional part (filter), a transformer, the vibrator and resonator for the object for a communication link, or power, Others, an ultrasonic sensor, and an acceleration sensor, [ active elements /, such as a radiator and a discriminator, ] It can use as sensor components for [ various ] sensors, such as an angular-velocity sensor, and an impact sensor, a mass sensor, and can use suitable for the various actuators especially used for the variation rate of various precision components, such as an optical instrument and a precision mechanical equipment, etc., or the device of positioning adjustment and include-angle adjustment.

[0209] In addition, the piezo-electricity / electrostriction device concerning this invention, and its manufacture approach of the ability of various configurations to be taken are natural, without deviating not only from the gestalt of above-mentioned operation but from the summary of this invention.

[0210]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the piezo-electricity / electrostriction device concerning this invention, and its manufacture approach The stability of a device or the mounting nature of the components to moving part can be raised also in lightweight-izing of a device in the handling nature list of lightweight-izing of a fixed part or moving part, and a device. By this While being able to displace moving part greatly, can make improvement in the speed (raise in resonance frequency) of displacement actuation of moving part attain, moreover, are hard to be influenced of a harmful oscillation, and a high-speed response is possible. A mechanical strength is high and can obtain the displacement component excellent in handling nature, shock resistance, and moisture resistance, and the sensor component which can detect an oscillation of moving part with a sufficient precision in a list.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

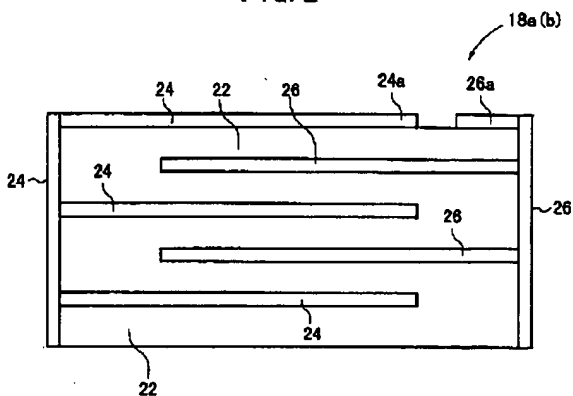
Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

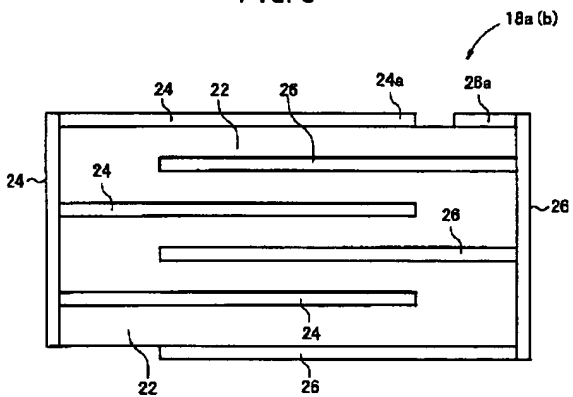
[Drawing 2]

FIG. 2



[Drawing 3]

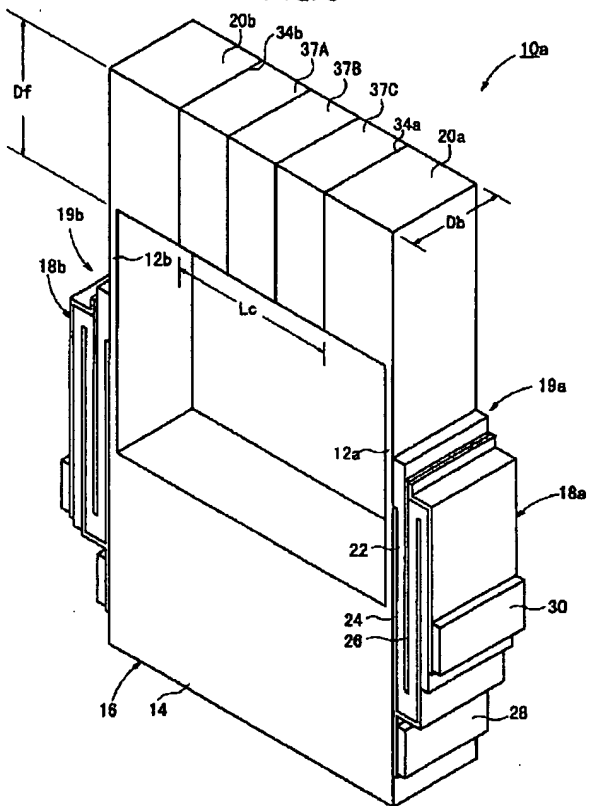
FIG. 3



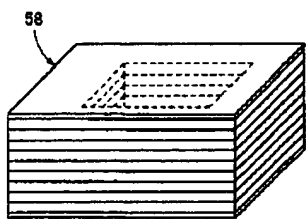
[Drawing 1]



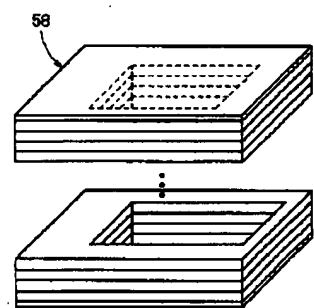
FIG. 6



[Drawing 17]  
FIG. 17



[Drawing 22]  
FIG. 22

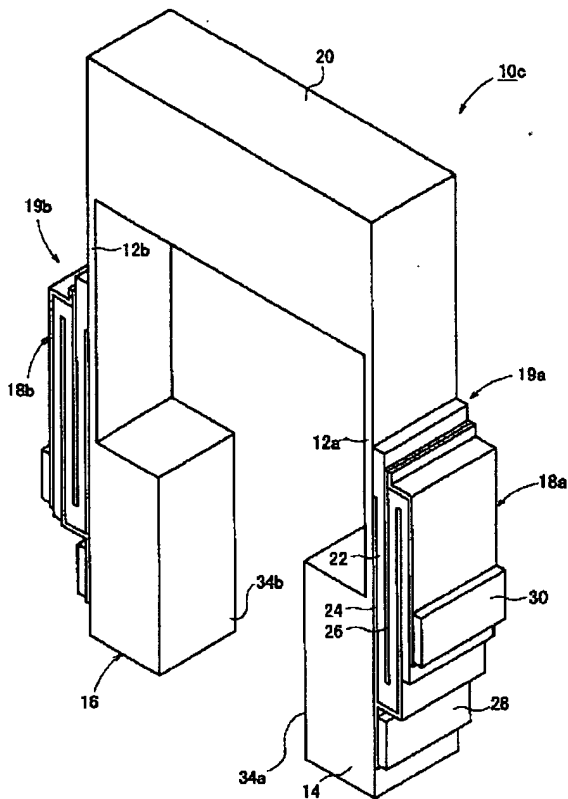


[Drawing 7]



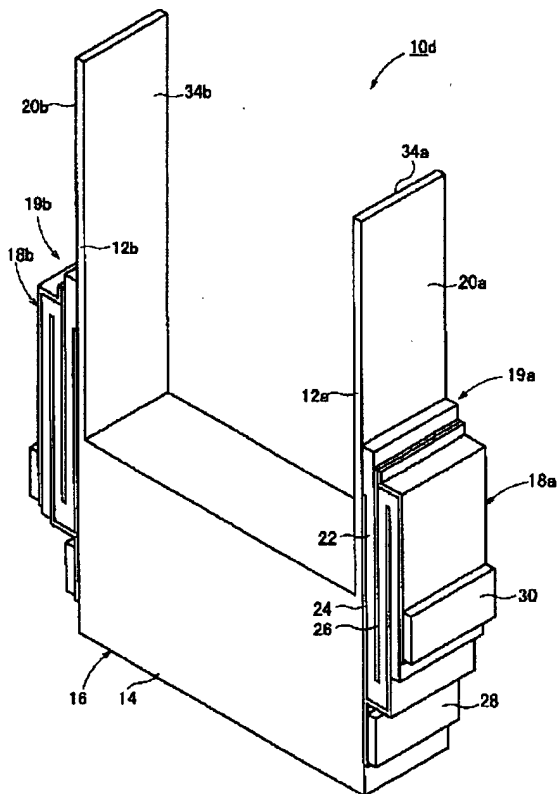


FIG. 11



[Drawing 12]

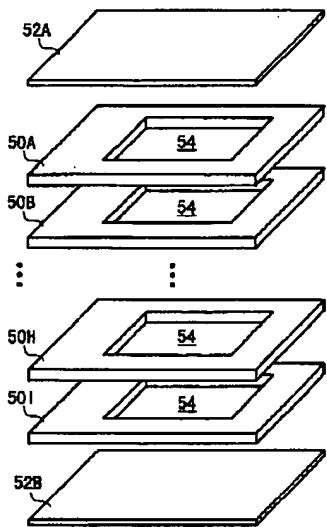
FIG. 12



[Drawing 16]

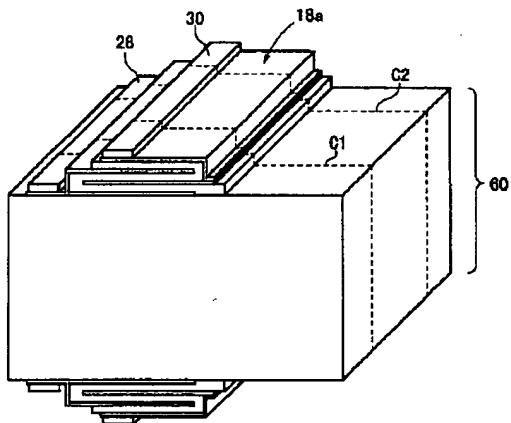


FIG. 16



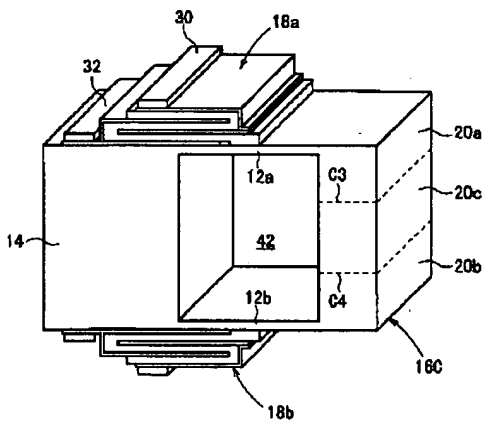
[Drawing 18]

FIG. 18



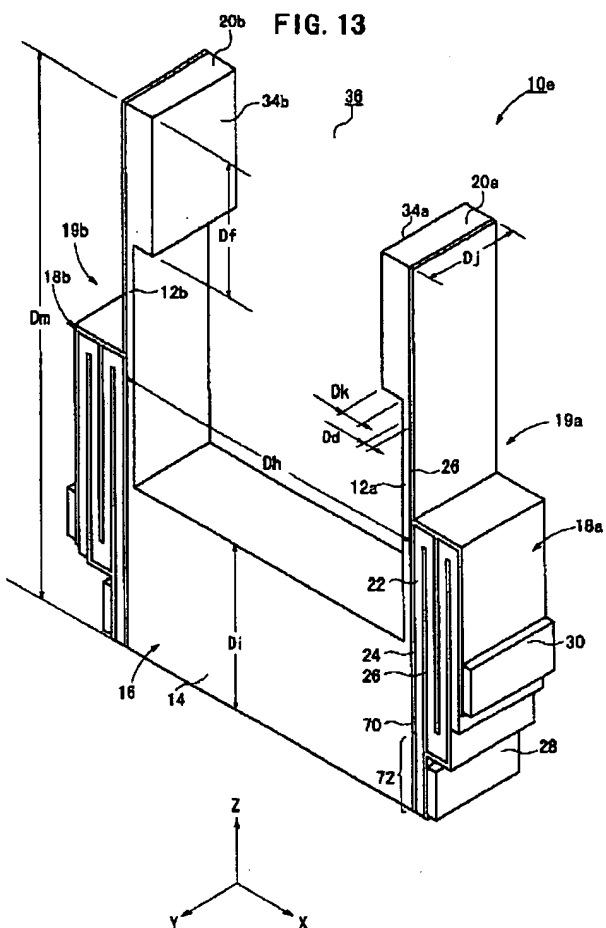
[Drawing 19]

FIG. 19



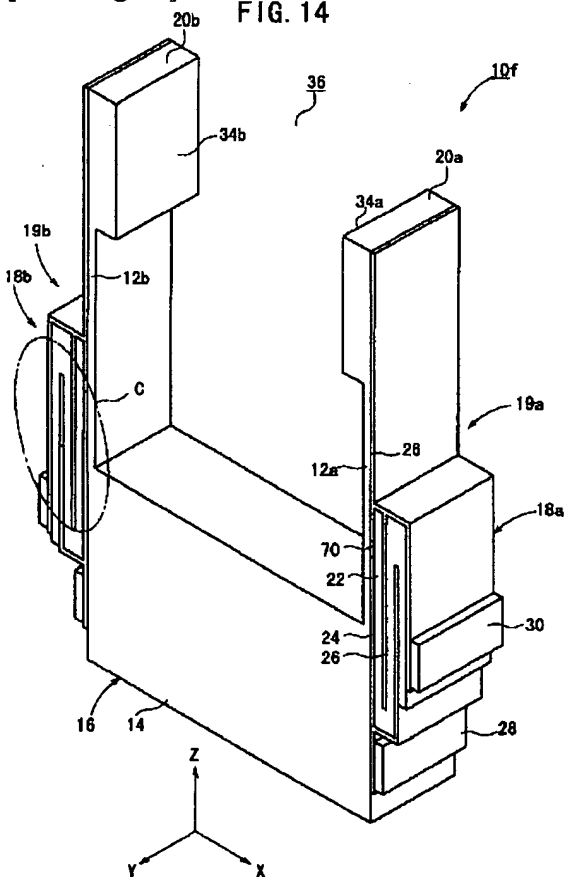
[Drawing 13]

FIG. 13



[Drawing 14]

FIG. 14



[Drawing 20]

FIG. 20A

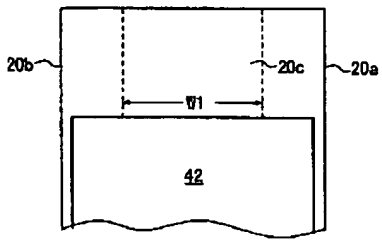
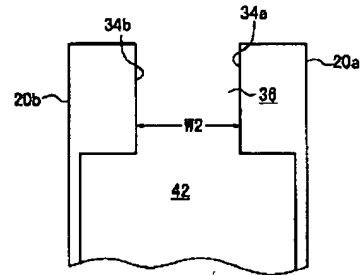
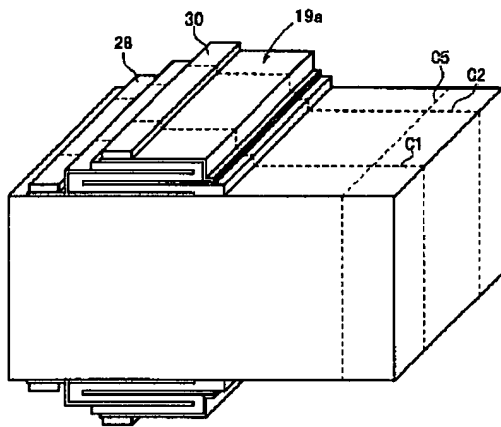


FIG. 20B



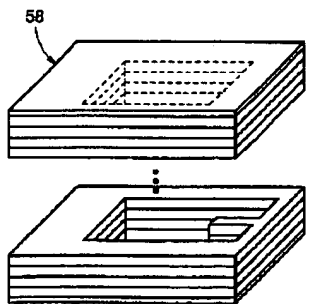
[Drawing 23]

FIG. 23



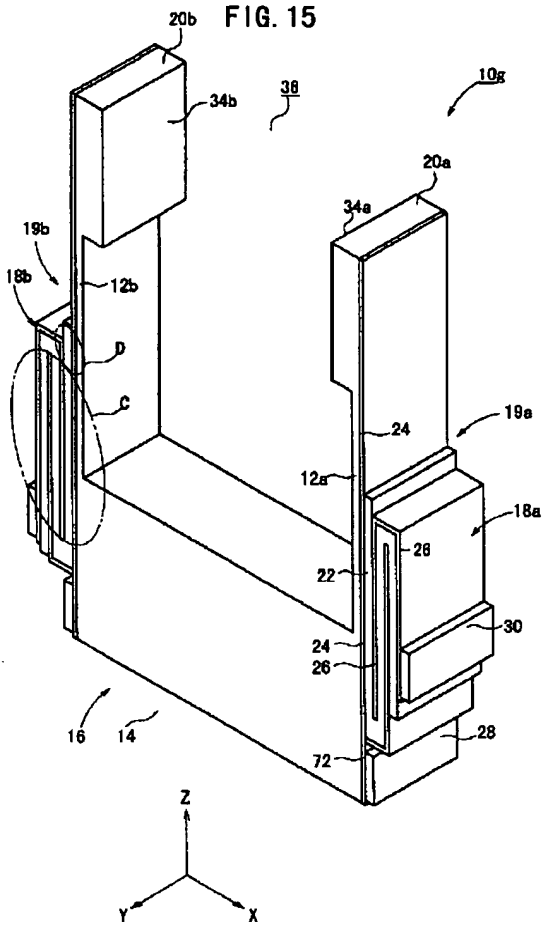
[Drawing 26]

FIG. 26

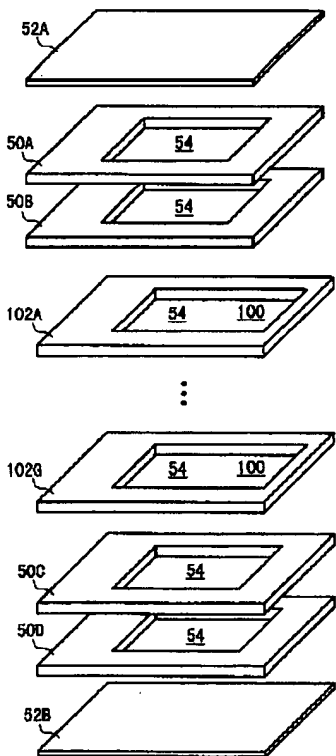


[Drawing 15]

FIG. 15

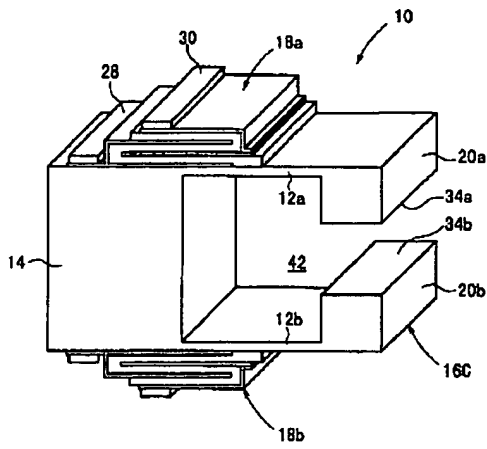


[Drawing 21]  
FIG. 21



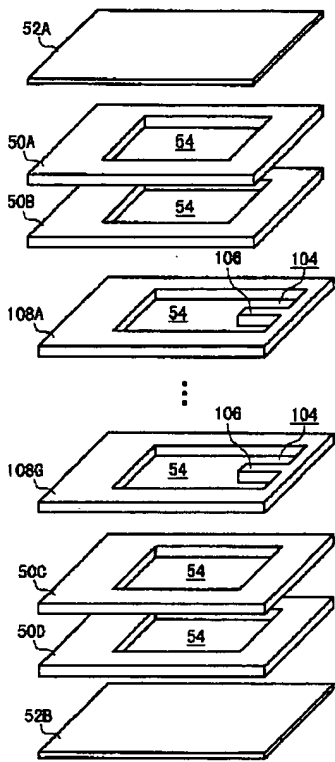
[Drawing 24]

FIG. 24



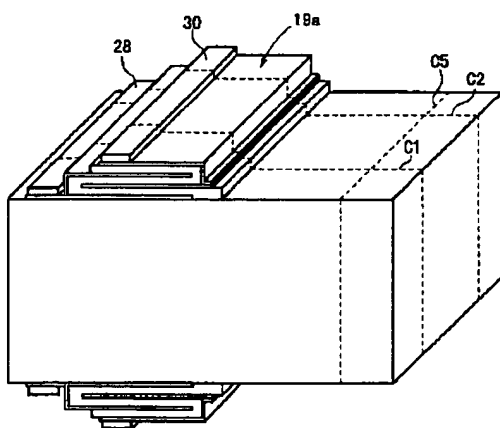
[Drawing 25]

FIG. 25

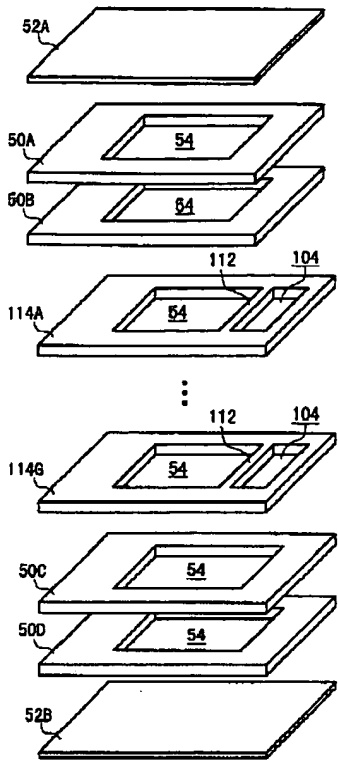


[Drawing 27]

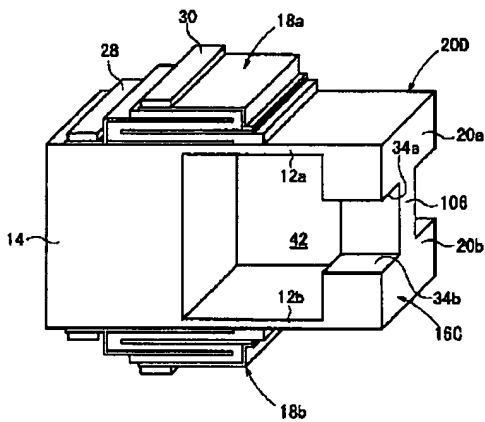
FIG. 27



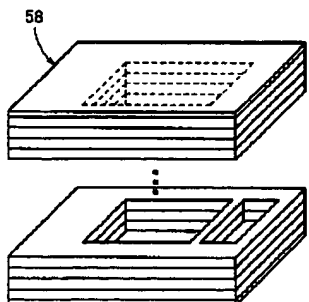
[Drawing 29]  
FIG. 29



[Drawing 28]  
FIG. 28

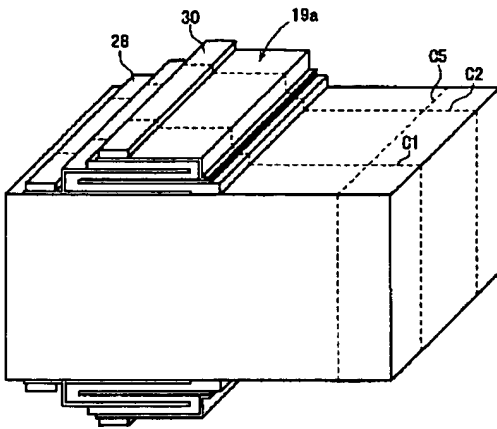


[Drawing 30]  
FIG. 30



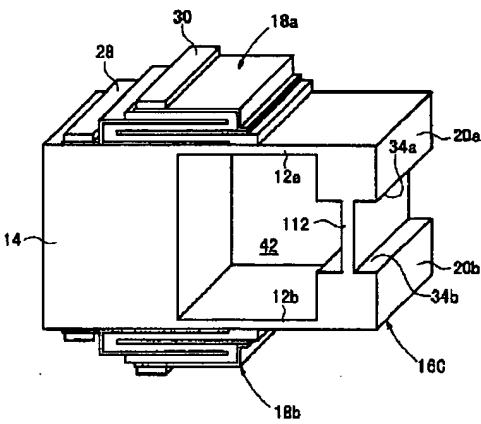
[Drawing 31]

FIG. 31



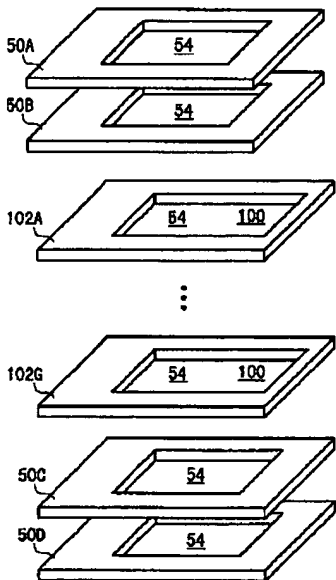
[Drawing 32]

FIG. 32



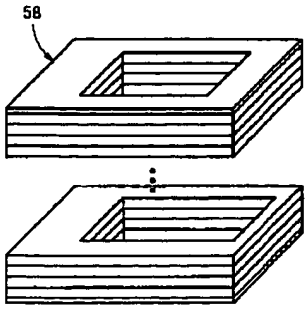
[Drawing 33]

FIG. 33



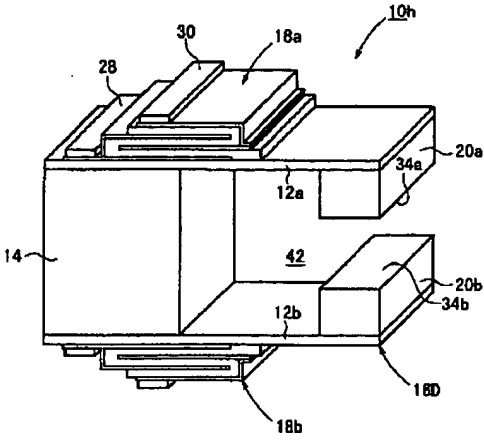
[Drawing 34]

FIG. 34



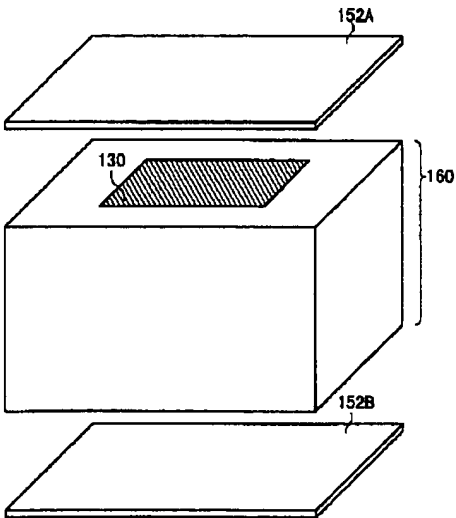
[Drawing 38]

FIG. 38



[Drawing 39]

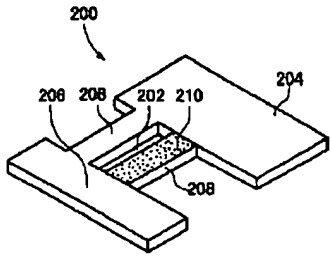
FIG. 39



[Drawing 41]

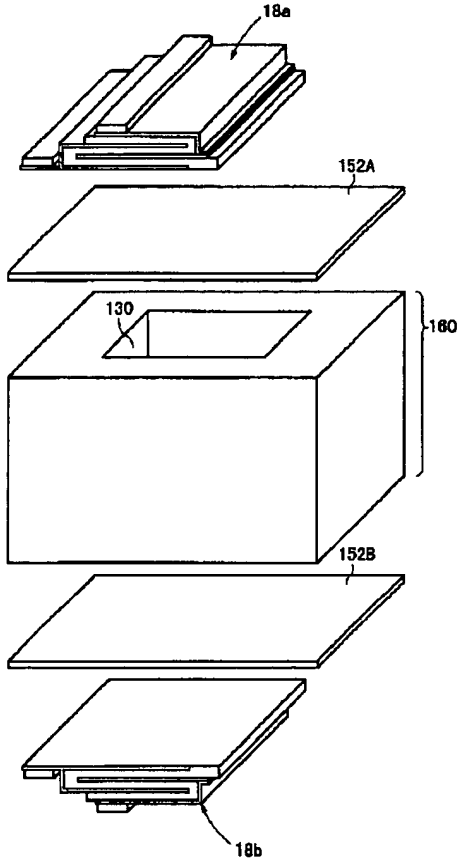


FIG. 41



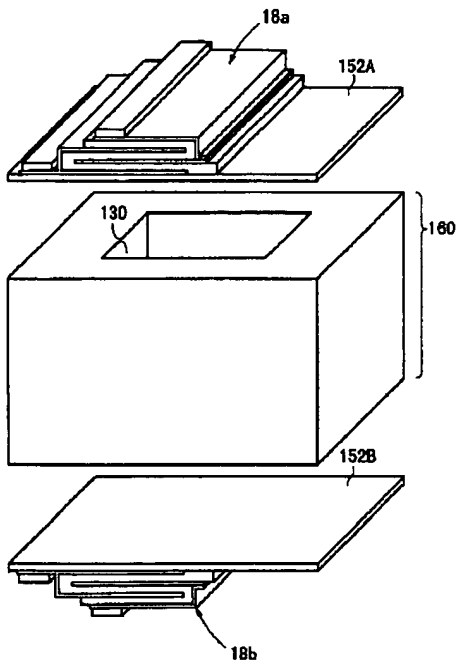
[Drawing 35]

FIG. 35



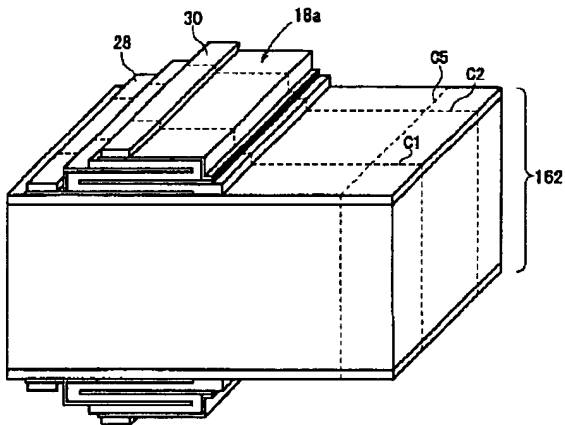
[Drawing 36]

FIG. 36



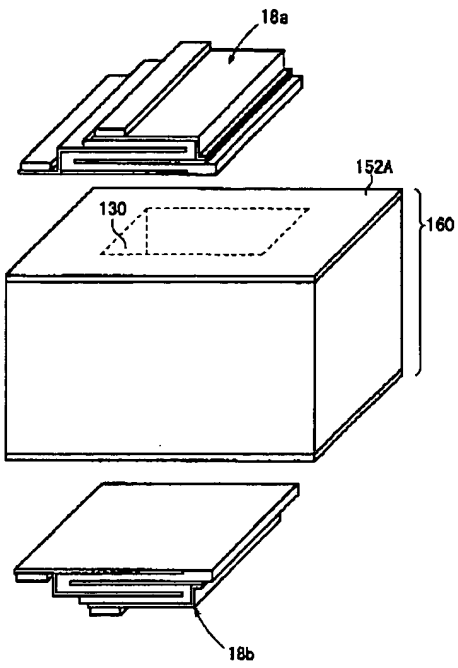
[Drawing 37]

FIG. 37



[Drawing 40]

FIG. 40



[Translation done.]

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-320103

(43)Date of publication of application : 16.11.2001

(51)Int.Cl.

H01L 41/09  
 B06B 1/06  
 H01L 41/08  
 H01L 41/083  
 H01L 41/187  
 H01L 41/22  
 H02N 2/00

(21)Application number : 2000-169584

(71)Applicant : NGK INSULATORS LTD

(22)Date of filing : 06.06.2000

(72)Inventor : TAKEUCHI YUKIHISA  
 NANATAKI TSUTOMU  
 IKEDA KOJI  
 KIMURA KOJI  
 SHIBATA KAZUYOSHI

(30)Priority

Priority number : 11281522

Priority date : 01.10.1999

Priority country : JP

11307844

28.10.1999

11326195

16.11.1999

JP

11371967

27.12.1999

2000013576

21.01.2000

JP

2000015123

24.01.2000

2000056434

01.03.2000

JP

2000 524042

13.03.2000

JP

JP

JP

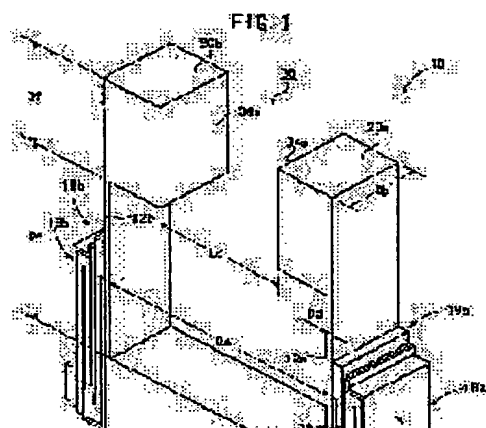
US

## (54) PIEZOELECTRIC/ELECTROSTRICTIVE DEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To achieve weight reduction of a device, especially weight reduction of movable part or a fixing part and increase of displacement and high speed operation (high resonance frequency) of the movable part, and improve handling performance of the device and attaching property of components to the movable parts or fixing property of the device.

SOLUTION: In this piezoelectric/electrostrictive device 10, a pair of thin plates 12a and 12b which face each other, and the fixing part 14 for retaining the thin plates



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2001-320103

(P 2001-320103 A)

(43) 公開日 平成13年11月16日 (2001.11.16)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ド (参考)		
H 0 1 L	41/09	B 0 6 B	1/06	Z	5D107
B 0 6 B	1/06	H 0 2 N	2/00	B	
H 0 1 L	41/08	H 0 1 L	41/08	J	
	41/083			Z	
	41/187			N	
審査請求 未請求 請求項の数 17		O L	(全 29 頁)	最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願2000-169584 (P2000-169584)

(22) 出願日 平成12年6月6日 (2000. 6. 6)

(31) 優先権主張番号 09/524042

(32) 優先日 平成12年3月13日 (2000. 3. 13)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(31) 優先権主張番号 特願平11-281522

(32) 優先日 平成11年10月1日 (1999. 10. 1)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平11-307844

(32) 優先日 平成11年10月28日 (1999. 10. 28)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004064

日本碍子株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号

(72) 発明者 武内 幸久

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(72) 発明者 七瀬 努

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(74) 代理人 100077665

弁理士 千葉 剛宏 (外1名)

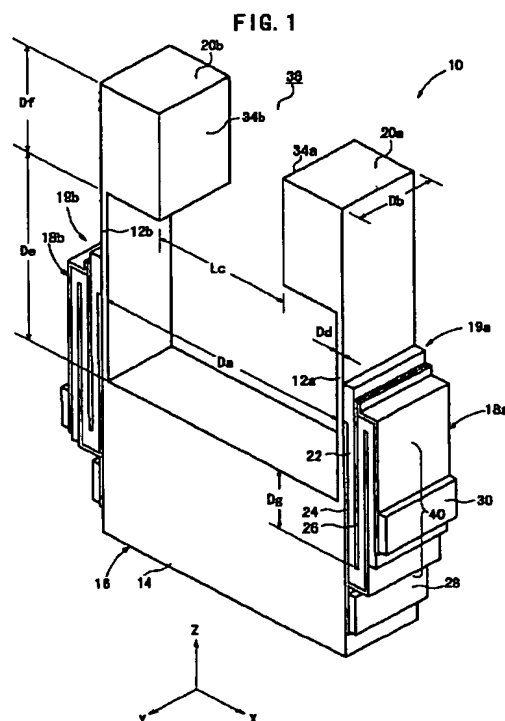
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電／電歪デバイス及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 デバイスの軽量化、中でも可動部又は固定部の軽量化及び可動部の変位の増大化と高速化（高共振周波数化）を達成させると共に、デバイスのハンドリング性並びに可動部への部品の取付性又はデバイスの固定性を向上させる。

【解決手段】 相対向する一対の薄板部12a及び12bと、これら薄板部12a及び12bを支持する固定部14を具備し、一対の薄板部12a及び12bにそれぞれ圧電／電歪素子18a及び18bが配設された圧電／電歪デバイス10において、可動部20a及び20bは、互いに対向する端面34a及び34bを有し、端面34a及び34b間の距離Lcを可動部20a及び20bの長さDf以上にして構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 相対向する一対の薄板部と、これら薄板部を支持する固定部とを具備し、

前記一対の薄板部の先端部分に可動部を有し、

前記一対の薄板部のうち、少なくとも 1 つの薄板部に 1 以上の圧電／電歪素子が配設された圧電／電歪デバイスであって、

前記可動部又は固定部のいずれか一方は、互いに対向する端面を有し、

前記端面間の距離が前記可動部の長さ以上であることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項 2】 請求項 1 記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記可動部又は固定部のいずれか一方に切除部を有し、前記切除部の一部が前記互いに対向する端面を構成することを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記薄板部と前記可動部と前記固定部は、セラミックグリーン積層体を同時焼成することによって一体化し、更に不要な部分を切除してなるセラミック基体で構成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項 4】 請求項 3 記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記圧電／電歪素子は膜状であって、焼成によって前記セラミック基体に一体化されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項 5】 請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記互いに対向する端面の間に空隙が形成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項 6】 請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記互いに対向する端面の間に前記可動部又は固定部のいずれか一方の構成部材と同じ部材あるいは異なる複数の部材が介在され、

前記部材における前記端面と対向する面の面積が前記端面の面積とほぼ同じであることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項 7】 請求項 6 記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記複数の部材のうち、少なくとも 1 つの部材が有機樹脂であることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項 8】 請求項 6 又は 7 記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記一対の薄板部の両内壁と前記可動部の内壁と前記複数の部材の内壁と前記固定部の内壁とにより形成された孔部内に、ゲル状の材料が充填されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項 9】 請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載の圧電

／電歪デバイスにおいて、

製造時に前記薄板部及び／又は前記圧電／電歪素子に生じていた内部残留応力が、前記互いに対向する端面が形成されることによって解放された構造を有することを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項 10】 請求項 1～9 のいずれか 1 項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記圧電／電歪素子は、

圧電／電歪層と、該圧電／電歪層に形成された一対の電極とを有することを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項 11】 請求項 10 記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記圧電／電歪素子は、

前記圧電／電歪層と前記一対の電極の複数の積層形態で構成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項 12】 相対向する一対の薄板部と、これら薄板部を支持する固定部とを具備し、

前記一対の薄板部の先端部分に可動部を有し、

前記一対の薄板部のうち、少なくとも 1 つの薄板部に 1 以上の圧電／電歪素子が配設された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、

少なくとも前記薄板上に前記圧電／電歪素子を作製した後、前記可動部となる部分又は固定部となる部分のいずれか一方の所定部位を切除して、互いに対向する端面を有し、かつ、前記端面間の距離が前記可動部の長さ以上とされた前記可動部又は固定部を形成する工程を有することを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項 13】 相対向する一対の薄板部と、これら薄板部を支持する固定部とを具備し、

前記一対の薄板部の先端部分に可動部を有し、

前記一対の薄板部のうち、少なくとも 1 つの薄板部に 1 以上の圧電／電歪素子が配設された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、

少なくとも窓部を有するセラミックグリーンシートと、後に前記薄板部となるセラミックグリーンシートとを含むセラミックグリーン積層体を一体焼成して、セラミック積層体を作製するセラミック積層体作製工程と、前記セラミック積層体のうち、前記薄板部となる部分の外表面に前記圧電／電歪素子を形成する工程と、

前記圧電／電歪素子が形成されたセラミック積層体に対する少なくとも 1 回の切除処理によって、少なくとも前記互いに対向する端面を有し、かつ、前記端面間の距離が前記可動部の長さ以上とされた前記可動部又は固定部を形成する切除工程とを含むことを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項 14】 請求項 13 記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

前記セラミック積層体作製工程は、少なくとも互いに対向する端面を有する前記可動部又は固定部を形成するための窓部を有する複数のセラミックグリーンシートと、

後に前記薄板部となるセラミックグリーンシートとを含むセラミックグリーン積層体を一体焼成して、前記セラミック積層体を作製し、

前記切除工程は、前記圧電／電歪素子が形成されたセラミック積層体に対する切除処理によって、少なくとも前記互いに対向する端面を有し、かつ、前記端面間の距離が前記可動部の長さ以上とされた前記可動部又は固定部を形成することを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項 15】請求項 13 又は 14 記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

前記セラミック積層体作製工程は、少なくとも互いに対向する端面が一部連結された前記可動部となる部分又は前記固定部となる部分を形成するための窓部を有する複数のセラミックグリーンシートと、後に前記薄板部となるセラミックグリーンシートとを含むセラミックグリーン積層体を一体焼成して、前記セラミック積層体を作製し、

前記切除工程は、前記圧電／電歪素子が形成された前記セラミック積層体に対する切除処理によって、少なくとも互いに対向する端面が一部連結された前記可動部となる部分又は固定部となる部分を形成し、更に、前記連結部分を切除して互いに対向する端面を有し、かつ、前記端面間の距離が前記可動部の長さ以上とされた前記可動部又は固定部を形成することを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項 16】請求項 12～15 のいずれか 1 項に記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

前記互いに対向する端面の間に、前記可動部又は固定部の構成部材と異なる複数の部材を介在させる工程を有することを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項 17】請求項 16 記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

前記複数の部材のうち、少なくとも 1 つの部材として有機樹脂を用いることを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電／電歪素子の変位動作に基づいて作動する可動部を備えた圧電／電歪デバイス、もしくは可動部の変位を圧電／電歪素子により検出できる圧電／電歪デバイス及びその製造方法に関し、詳しくは、強度、耐衝撃性、耐湿性に優れ、効率よく可動部を大きく作動させることができる圧電／電歪デバイス及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近時、光学や磁気記録、精密加工等の分野において、サブミクロンオーダーで光路長や位置を調整可能な変位素子が必要とされており、圧電／電歪材料（例えば強誘電体等）に電圧を印加したときに惹起され

る逆圧電効果や電歪効果による変位を利用した変位素子の開発が進められている。

【0003】従来、このような変位素子としては、例えば図 41 に示すように、圧電／電歪材料からなる板状体 200 に孔部 202 を設けることにより、固定部 204 と可動部 206 とこれらを支持する梁部 208 とを一体に形成し、更に、梁部 208 に電極層 210 を設けた圧電アクチュエータが開示されている（例えば特開平 10-136665 号公報参照）。

【0004】前記圧電アクチュエータにおいては、電極層 210 に電圧を印加すると、逆圧電効果や電歪効果により、梁部 208 が固定部 204 と可動部 206 とを結ぶ方向に伸縮するため、可動部 206 を板状体 200 の面内において弧状変位又は回転変位させることが可能である。

【0005】一方、特開昭 63-64640 号公報には、バイモルフを用いたアクチュエータに関して、そのバイモルフの電極を分割して設け、分割された電極を選択して駆動することにより、高精度な位置決めを高速に行う技術が開示され、この公報（特に第 4 図）には、例えば 2 枚のバイモルフを対向させて使用する構造が示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記圧電アクチュエータにおいては、圧電／電歪材料の伸縮方向（即ち、板状体 200 の面内方向）の変位をそのまま可動部 206 に伝達していたため、可動部 206 の作動量が小さいという問題があった。

【0007】また、圧電アクチュエータは、すべての部分を脆弱で比較的重い材料である圧電／電歪材料によって構成しているため、機械的強度が低く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に劣ることに加え、圧電アクチュエータ自体が重く、動作上、有害な振動（例えば、高速作動時の残留振動やノイズ振動）の影響を受けやすいという問題点があった。

【0008】前記問題点を解決するために、孔部 202 に柔軟性を有する充填材を充填することが提案されているが、単に充填材を使用しただけでは、逆圧電効果や電歪効果による変位の量が低下することは明らかである。

【0009】更に、前記特開昭 63-64640 号公報に記載されたアクチュエータは、固定部材ないしは中継部材に対してバイモルフを貼り付けたものであることに加え、バイモルフ自身 2 枚の圧電素子を貼り合わせてなる構造のものであることから、それらの貼り付け、貼り合わせにかかる加熱処理や接着剤の硬化収縮等に起因した応力を残留しやすく、その内部残留応力によって、変位動作が妨げられ、設計通りの変位、共振周波数を実現できないおそれがある。特に、アクチュエータがサイズの小さい場合、接着剤の影響は自ずから大きくなってしま

【0010】そこで、貼り付けにかかる接着剤の影響を排除する方法として、アクチュエータを例えばセラミックスの一体焼成物で構成し、接着剤を使用しない構造とすることが考えられる。しかしながら、この場合においても、焼成時の各部材の熱収縮挙動の違いによって、内部残留応力が発生するおそれは免れ得ない。

【0011】また更に、アクチュエータがサイズの小さい場合には、そのアクチュエータの固定性及びアクチュエータへの他の部品の取付性が低下するという問題を内在していた。

【0012】本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、デバイスの軽量化、中でも可動部又は固定部の軽量化、デバイスのハンドリング性及び可動部への部品の取付性又はデバイスの固定性を向上させることができ、これにより、相対的に低電圧で可動部を大きく変位することができると共に、デバイス、特に、可動部の変位動作の高速化（高共振周波数化）を達成させることができ、しかも、有害な振動の影響を受け難く、高速応答が可能で、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れた変位素子、並びに可動部の振動を精度よく検出することが可能なセンサ素子を得ることができる圧電／電歪デバイス及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、相対向する一対の薄板部と、これら薄板部を支持する固定部とを具備し、前記一対の薄板部の先端部分に可動部を有し、前記一対の薄板部のうち、少なくとも1つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配設された圧電／電歪デバイスであって、前記可動部又は固定部のいずれか一方は、互いに対向する端面を有し、前記端面間の距離が前記可動部の長さ以上であることを特徴とする。

【0014】前記可動部、固定部、薄板部は、セラミックスもしくは金属を用いて構成されていてもよく、また、各部をセラミック材料同士で構成することもできるし、あるいは金属材料同士で構成することもできる。更には、セラミックスと金属の材料とから製造されたものを組み合わせたハイブリッド構造として構成することもできる。

【0015】そして、前記可動部又は固定部のいずれか一方に切除部を設け、前記切除部の一部が前記互いに対向する端面を構成するようにしてもよい。更に、前記薄板部と前記可動部と前記固定部は、セラミックグリーン積層体を同時焼成することによって一体化し、更に不要な部分を切除してなるセラミック基体で構成するようにしてもよい。また、前記圧電／電歪素子を膜状とし、焼成によって前記セラミック基体に一体化するようにしてもよい。

【0016】この場合、前記圧電／電歪素子は、圧電／電歪層と、該圧電／電歪層に形成された一対の電極とを

有して構成することができる。また、前記圧電／電歪素子は、圧電／電歪層と、該圧電／電歪層の両側に形成された一対の電極とを有し、該一対の電極のうち、一方の電極を少なくとも前記薄板部に形成するようにしてもよい。この場合、圧電／電歪素子による振動を薄板部を通じて効率よく可動部又は固定部に伝達することができ、応答性の向上を図ることができる。特に、前記圧電／電歪素子は、前記圧電／電歪層と前記一対の電極の複数が積層形態で構成されていることが好ましい。

10 【0017】このような構成にすることにより、圧電／電歪素子の発生力が増大し、もって大変位が図られると共に、デバイス自体の剛性が増すことで、高共振周波数化が図られ、変位動作の高速化を容易に達成できるという特徴がある。

【0018】そして、前記互いに対向する端面の間を空隙としてもよいし、前記互いに対向する端面の間に前記可動部又は固定部のいずれか一方の構成部材と同じ部材あるいは異なる複数の部材、例えばガラス、セメント、有機樹脂などが挙げられ、好ましくは有機樹脂、例えばエポキシ系、アクリル系、ポリイミド系、フェノール系、シリコン系、テルペン系、キシレン系、スチレン系、メラミン系、メタクリル系、ゴム系等もしくはこれらの混合物、共重合体を介在させるようにしてもよい。中でも接合性、取り扱い性、硬さ等の点から、エポキシ系、アクリル系、メタクリル系の有機樹脂などを介在させることが好ましい。また、更に硬度を上げる目的で無機材料等のフィラーを混入させることも好ましい。

【0019】特に、前記互いに対向する端面の間を空隙とした場合や、前記互いに対向する端面の間に前記可動部又は固定部の構成部材よりも軽い部材を介在させる、あるいは前記部材でも小さなものにより端面間を接合させることで、可動部又は固定部の軽量化を有効に図ることができるため、可動部又は固定部の変位量を低下させることなく、共振周波数を高めることが可能となる。

【0020】また、前記互いに対向する端面の間を空隙とした場合は、一方の端面を含む可動部又は固定部の一部と、他方の端面を含む可動部又は固定部の別の一部とが撓みやすくなり、変形に強くなる。そのため、圧電／電歪デバイスのハンドリング性に優れることとなる。

40 【0021】更に、端面間の距離が前記可動部の長さ以上であるため、可動部に他の部品を取り付ける場合に、その取付面積を大きくとることができ、部品の取付性を向上させることができる。ここで、部品を例えば接着剤等によって固着する場合を考えると、物品を両側から挟んで保持することができるため、部品を確実に固着することができる。

【0022】更に、物品を両側から挟んで保持することで、物品の高さと可動部の高さが単純に加算されなくなり、物品を含めた全体の高さを低く保つことができる。また、更に、可動部の長さを端面側の距離よりも小さく



できることから、部品を接着する接着剤等の物性が有効に作用し、変位を大きくすることができる。

【0023】一方、互いに対向する端面を有する固定部とした場合は、この発明に係る圧電／電歪デバイスを所定の固定部分に強固に固定することが可能となり、信頼性の向上を図ることができる。

【0024】このように、本発明においては、デバイスの軽量化、中でも可動部又は固定部の軽量化、デバイスのハンドリング性、並びに可動部への部品の取付性、小型化、デバイスの固定性を向上させることができ、これにより、可動部を大きく変位させることができると共に、可動部の変位動作の高速化（高共振周波数化）を達成させることができ、しかも、有害な振動の影響を受け難く、高速応答が可能で、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れた変位素子、並びに可動部の振動を精度よく検出することが可能なセンサ素子を得ることができる。

【0025】ところで、圧電／電歪デバイスの製造においては、例えば貼り合わせや後述する膜形成法を用いた一体焼成等によって、例えばセラミック積層体（セラミックグリーンシートを積層し、一体焼成したもの）に圧電／電歪素子を形成したとき、圧電／電歪素子及び／又は薄板部となる部分に内部残留応力が発生することになる。特に、一体焼成によって圧電／電歪素子をセラミック積層体に形成する場合は、焼成時に生じる構成部材の収縮や熱膨張率の違いによって圧電／電歪素子及び／又は薄板部となる部分に内部残留応力が発生しやすくなる。

【0026】この状態から、圧電／電歪デバイスを作製し、使用すると、圧電／電歪素子を構成する圧電／電歪層に所定電界を与えても、可動部において所望の変位を示さない場合がある。これは、圧電／電歪層の材料特性及び可動部の変位動作が、圧電／電歪素子及び／又は前記薄板部に発生している内部残留応力によって阻害されているからである。

【0027】この発明では、可動部又は固定部のいずれか一方に互いに対向する端面を設けるようにしているため、端面間の距離が、前記圧電／電歪素子及び／又は薄板部に発生している内部残留応力によって、例えば縮まることになる。即ち、圧電／電歪素子及び／又は薄板部に生じていた内部残留応力が端面の移動によって解放されることとなる。

【0028】更に、この発明では、端面間の距離を広くとるようにしているため、内部残留応力によって端面間の距離が狭まっても、該端面間に他の部品を取り付けるだけの余裕を持たせることができる。

【0029】このように、本発明では、可動部の変位動作が前記内部残留応力によって阻害されることがなくなり、ほぼ設計通りの可動部の変位動作を得ることができる。加えて、この内部残留応力の解放によって、デバイ

スの機械強度の向上も図ることができる。

【0030】また、前記一对の薄板部の両内壁と前記可動部の内壁と前記複数の部材の内壁と前記固定部の内壁とにより孔部が形成される場合に、該孔部内に、ゲル状の材料を充填するようによい。この場合、通常は、充填材の存在によって、可動部の変位動作が制限を受けることになるが、上述の発明は、可動部又は固定部への端面の形成に伴う軽量化や可動部の変位量の増大化を図るようにしているため、前記充填材による可動部の変位動作の制限が打ち消され、充填材の存在による効果、即ち、高共振周波数化や剛性の確保を実現させることができる。

【0031】次に、本発明は、相対向する一对の薄板部と、これら薄板部を支持する固定部とを具備し、前記一对の薄板部の先端部分に可動部を有し、前記一对の薄板部のうち、少なくとも1つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配設された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、少なくとも前記薄板上に前記圧電／電歪素子を作製した後に、前記可動部となる部分又は固定部となる部分のいずれか一方の所定部位を切除して、互いに対向する端面を有し、かつ、前記端面間の距離が前記可動部の長さ以上とされた前記可動部又は固定部を形成する工程を有することを特徴とする。

【0032】互いに対向する端面を有する可動部又は固定部が設けられることとなるため、製造時に圧電／電歪素子及び／又は薄板部に発生していた内部残留応力が、端面間の距離が例えば縮まることによって解放されることになり、可動部の変位動作が前記内部残留応力によって阻害されることがない。

【0033】ここでいう圧電／電歪素子を作製した後は、少なくとも圧電／電歪層が形成された状態を示し、圧電／電歪層の形成後に形成される電極に対しては、互いに対向する端面を有する可動部又は固定部を形成するための切除を行った後に形成するようにしてもかまわない。

【0034】また、互いに対向する端面を有する可動部又は固定部を設けることによって、可動部又は固定部が軽量化されるため、可動部の変位量を低下させることなく、共振周波数を高めることが可能となる圧電／電歪デバイスを効率よく、かつ、容易に製造することができ、高性能の圧電／電歪デバイスの量産化を実現させることができる。

【0035】しかも、可動部又は固定部が撓みやすくなり、変形に強くなるため、圧電／電歪デバイスのハンドリング性に優れることとなり、また、前記互いに対向する端面の存在と、該端面間の距離を広くするようにしているため、可動部に他の部品を取り付ける場合に、その取付面積を大きくとることができ、部品の取付性を向上させることができる。また、部品を挟んで接着する際、変位を向上させることができる。

【0036】また、本発明は、相対向する一对の薄板部と、これら薄板部を支持する固定部とを具備し、前記一对の薄板部の先端部分に可動部を有し、前記一对の薄板部のうち、少なくとも1つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配設された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、少なくとも窓部を有するセラミックグリーンシートと、後に前記薄板部となるセラミックグリーンシートを含むセラミックグリーン積層体を一体焼成して、セラミック積層体を作製するセラミック積層体作製工程と、前記セラミック積層体のうち、前記薄板部となる部分の外表面に前記圧電／電歪素子を形成する工程と、前記圧電／電歪素子が形成されたセラミック積層体に対する少なくとも1回の切除処理によって、少なくとも前記互いに対向する端面を有し、かつ、前記端面間の距離が前記可動部の長さ以上とされた前記可動部又は固定部を形成する切除工程とを含むことを特徴とする。

【0037】これにより、圧電／電歪デバイスの製造において、特に、焼成によって、セラミック積層体に圧電／電歪素子を形成したときに、圧電／電歪素子及び／又は薄板部に発生する内部残留応力を効果的に解放することができるため、セラミックグリーンシート積層法を用いて圧電／電歪デバイスを作製する場合において、デバイスの軽量化、中でも可動部又は固定部の軽量化、デバイスのハンドリング性、並びに可動部への部品の取付性、デバイスの固定性を向上させることができ、これにより、可動部を大きく変位することができる。

【0038】そして、前記セラミック積層体作製工程は、少なくとも互いに対向する端面を有する前記可動部又は固定部を形成するための窓部を有する複数のセラミックグリーンシートと、後に前記薄板部となるセラミックグリーンシートとを含むセラミックグリーン積層体を一体焼成して、前記セラミック積層体を作製し、前記切除工程は、前記圧電／電歪素子が形成されたセラミック積層体に対する切除処理によって、少なくとも前記互いに対向する端面を有し、かつ、前記端面間の距離が前記可動部の長さ以上とされた前記可動部又は固定部を形成するようにしてもよい。

【0039】また、前記セラミック積層体作製工程は、少なくとも互いに対向する端面が一部連結された前記可動部となる部分又は前記固定部となる部分を形成するための窓部を有する複数のセラミックグリーンシートと、後に前記薄板部となるセラミックグリーンシートとを含むセラミックグリーン積層体を一体焼成して、前記セラミック積層体を作製し、前記切除工程は、前記圧電／電歪素子が形成された前記セラミック積層体に対する切除処理によって、少なくとも互いに対向する端面が一部連結された前記可動部となる部分又は固定部となる部分を形成し、更に、前記連結部分を切除して互いに対向する端面を有し、かつ、前記端面間の距離が前記可動部の長さ以上とされた前記可動部又は固定部を形成するよう

してもよい。

【0040】なお、前記互いに対向する端面の間に、前記可動部又は固定部の構成部材と異なる複数の部材を介在させる工程を含めるようにしてもよい。この場合、前記複数の部材のうち、少なくとも1つの部材として有機樹脂を用いることができる。

【0041】従って、本発明に係る圧電／電歪デバイス及びその製造方法によれば、各種トランスデューサ、各種アクチュエータ、周波数領域機能部品（フィルタ）、トランス、通信用や動力用の振動子や共振子、発振子、ディスクリミネータ等の能動素子のほか、超音波センサや加速度センサ、角速度センサや衝撃センサ、質量センサ等の各種センサ用のセンサ素子として利用することができ、特に、光学機器、精密機器等の各種精密部品等の変位や位置決め調整、角度調整の機構に用いられる各種アクチュエータに好適に利用することができる。

【0042】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る圧電／電歪デバイス及びその製造方法の実施の形態例を図1～図40を参照しながら説明する。

【0043】ここで、圧電／電歪デバイスは、圧電／電歪素子により電氣的エネルギーと機械的エネルギーとを相互に変換する素子を包含する概念である。従って、各種アクチュエータや振動子等の能動素子、特に、逆圧電効果や電歪効果による変位を利用した変位素子として最も好適に用いられるほか、加速度センサ素子や衝撃センサ素子等の受動素子としても好適に使用され得る。

【0044】この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10は、図1に示すように、相対向する一对の薄板部12a及び12bと、これら薄板部12a及び12bを支持する固定部14とが一体に形成された基体16を具備し、一对の薄板部12a及び12bの各一部にそれぞれ圧電／電歪素子18a及び18bが形成されて構成されている。

【0045】つまり、この圧電／電歪デバイス10は、前記圧電／電歪素子18a及び／又は18bの駆動によって一对の薄板部12a及び12bが変位し、あるいは薄板部12a及び12bの変位を圧電／電歪素子18a及び／又は18bにより検出する構成を有する。従って、図1の例では、薄板部12a及び12bと圧電／電歪素子18a及び18bにてアクチュエータ部19a及び19bが構成されることになる。

【0046】更に、一对の薄板部12a及び12bは、各先端部分が内方に向かって肉厚とされ、該肉厚部分は、薄板部12a及び12bの変位動作に伴って変位する可動部20a及び20bとして機能することになる。以下、一对の薄板部12a及び12bの先端部分を可動部20a及び20bと記す。

【0047】なお、前記基体16については、全体をセラミックスもしくは金属を用いて構成されたもののほ

か、セラミックスと金属の材料で製造されたものを組み合わせたハイブリッド構造としてもよい。

【0048】また、基体16は、各部を有機樹脂、ガラス等の接着剤で接着してなる構造、セラミックグリーン積層体を焼成により一体化してなるセラミック一体構造、ロウ付け、半田付け、共晶接合もしくは溶接等で一体化した金属一体構造等の構成を採用することができ、好ましくはセラミックグリーン積層体を焼成により一体化したセラミック積層体で基体16を構成することが望ましい。

【0049】このようなセラミックスの一体化物は、各部の接合部に接着剤が介在しないことから、経時的な状態変化がほとんど生じないため、接合部位の信頼性が高く、かつ、剛性確保に有利な構造であることに加え、後述するセラミックグリーンシート積層法により、容易に製造することが可能である。

【0050】そして、圧電／電歪素子18a及び18bは、後述のとおり別体として圧電／電歪素子18a及び18bを準備して、基体16に有機樹脂、ガラス等の接着剤や、ロウ付け、半田付け、共晶接合等で貼り付けられるほか、膜形成法を用いることにより、前記貼り付けではなく直接基体16に形成されることとなる。

【0051】圧電／電歪素子18a及び18bは、圧電／電歪層22と、該圧電／電歪層22の両側に形成された一対の電極24及び26とを有して構成され、該一対の電極24及び26のうち、一方の電極24が少なくとも一対の薄板部12a及び12bに形成されている。

【0052】本実施の形態では、圧電／電歪層22並びに一対の電極24及び26をそれぞれ多層構造とし、一方の電極24と他方の電極26を断面ほぼ櫛歯状となるようにそれぞれ互い違いに積層し、これら一方の電極24と他方の電極26が圧電／電歪層22を間に挟んで重なる部分が多段構成とされた圧電／電歪素子18a及び18bとした場合を主体に説明するが、多層構造に限らず単層構造であってもよい。この場合、多層の数は特に限定しないが、10層以下が好ましく、更に好ましくは5層以下である。

【0053】図1では、圧電／電歪層22を3層構造とし、一方の電極24が1層目の下面（薄板部12a及び12bの側面）と2層目の上面に位置するように櫛歯状に形成し、他方の電極26が1層目の上面と3層目の上面に位置するように櫛歯状に形成した例を示している。この構成の場合、一方の電極24同士並びに他方の電極26同士をそれぞれつなぎ共通化することで、端子28及び30の数を減らすことができるため、圧電／電歪素子18a及び18bの多層化に伴うサイズの大型化を抑えることができる。

【0054】なお、一対の電極24及び26への電圧の印加は、各電極24及び26のうち、それぞれ固定部14の両側面（素子形成面）上に形成された端子（パッ

ド）28及び30を通じて行われるようになっている。各端子28及び30の位置は、一方の電極24に対応する端子28が固定部14の後端寄りに形成され、外部空間側の他方の電極26に対応する端子30が固定部14の内壁寄りに形成されている。

【0055】この場合、圧電／電歪デバイス10の固定を、端子28及び30が配置された面とは別の面を利用してそれぞれ別個に行うことができ、結果として、圧電／電歪デバイス10の固定と、回路と端子28及び30間の電氣的接続の双方に高い信頼性を得ることができる。この構成においては、フレキシブルプリント回路（FPCとも称される）、フレキシブルフラットケーブル（FFCとも称される）、ワイヤボンディング等によって端子28及び30と回路との電氣的接続が行われる。

【0056】このように多層構造の圧電／電歪素子18a及び18bを用いることにより、アクチュエータ部19a及び19bの駆動力が増大し、もって大変位が図られると共に、圧電／電歪デバイス10自体の剛性が増すことで、高共振周波数化が図られ、変位動作の高速化が容易に達成できる。

【0057】なお、段数を多くすれば、アクチュエータ部19a及び19bの駆動力の増大は図られるが、それに伴い消費電力も増えるため、実施する場合には、用途、使用状態に応じて適宜段数等を決めればよい。また、この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10では、圧電／電歪素子18a及び18bを用いることによって、アクチュエータ部19a及び19bの駆動力を上げても、基本的に薄板部12a及び12bの幅（Y軸方向の距離）は不変であるため、例えば非常に狭い間隙において使用されるハードディスク用磁気ヘッドの位置決め、リング制御等のアクチュエータに適用する上で非常に好ましいデバイスとなる。

【0058】圧電／電歪素子18a及び18bの他の例としては、例えば図2に示すように、圧電／電歪層22を5層構造とし、一方の電極24を1層目の上面と3層目の上面と5層目の上面に位置するように櫛歯状に形成し、他方の電極26を2層目の上面と4層目の上面に位置するように櫛歯状に形成した例を示してもよい。

【0059】また、図3に示すように、圧電／電歪層22を同じく5層構造とし、一方の電極24を1層目の上面と3層目の上面と5層目の上面に位置するように櫛歯状に形成し、他方の電極26を1層目の下面と2層目の上面と4層目の上面に位置するように櫛歯状に形成するようにしてもよい。

【0060】なお、一対の電極24及び26への電圧の印加は、5層目の圧電／電歪層22上に形成された各電極24及び26の端部（以下、端子部24a及び26aと記す）を通じて行われるようになっている。各端子部24a及び26aは電氣的に絶縁できる程度に離間して

形成されている。

【0061】上述の圧電／電歪素子18a及び18bにおいては、一対の電極24及び26間に圧電／電歪層22を介在させたいわゆるサンドイッチ構造で構成した場合を示したが、その他、図4に示すように、少なくとも薄板部12a及び12bの側面に形成された圧電／電歪層22の一主面に櫛型の一対の電極24及び26を形成するようにしてもよいし、図5に示すように、少なくとも薄板部12a及び12bの側面に形成された圧電／電歪層22に櫛型の一対の電極24及び26を埋め込んで形成するようにしてもよい。

【0062】図4に示す構造の場合は、消費電力を低く抑えることができるという利点があり、図5に示す構造の場合は、歪み、発生力の大きな電界方向の逆圧電効果を有効に利用できる構造であることから、大変位の発生に有利になる。

【0063】具体的には、図4に示す圧電／電歪素子18a及び18bは、圧電／電歪層22の一主面に櫛型構造の一対の電極24及び26が形成されてなり、一方の電極24及び他方の電極26が互い違いに一定の幅の間隙32をもって相互に対向する構造を有する。図4では、一対の電極24及び26を圧電／電歪層22の一主面に形成した例を示したが、その他、薄板部12a及び12bと圧電／電歪層22との間に一対の電極24及び26を形成するようにしてもよいし、圧電／電歪層22の一主面並びに薄板部12a及び12bと圧電／電歪層22との間にそれぞれ櫛型の一対の電極24及び26を形成するようにしてもよい。

【0064】一方、図5に示す圧電／電歪素子18a及び18bは、圧電／電歪層22に埋め込まれるように、櫛型構造の一対の電極24及び26が形成され、一方の電極24及び他方の電極26が互い違いに一定の幅の間隙32をもって相互に対向する構造を有する。

【0065】このような図4及び図5に示すような圧電／電歪素子18a及び18bも本実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10に好適に用いることができる。図4及び図5に示す圧電／電歪素子18a及び18bのように、櫛型の一対の電極24及び26を用いる場合は、各電極24及び26の櫛歯のピッチDを小さくすることで、圧電／電歪素子18a及び18bの変位を大きくすることが可能である。

【0066】そして、可動部20a及び20bの互いに対向する端面34a及び34b間の距離Lcは、可動部20a及び20bの長さ（正確には可動部20a及び20bのZ軸方向の長さ）Df以上とされ、これら端面34a及び34b間に例えば図1に示すように、空隙（空気）36を介在させるようにしてもよいし、図6及び図7に示す第1及び第2の変形例に係る圧電／電歪デバイス10a及び10bのように、これら端面34a及び34bの間に可動部20a及び20bの構成部材と同じ材

質あるいは異なる材質からなる複数の部材を介在させるようにしてもよい。この場合、各可動部20a及び20bの互いに対向する端面34a及び34bは取付面34a及び34bとして機能することになる。

【0067】図6に示す第1の変形例に係る圧電／電歪デバイス10aでは、取付面34a及び34b間の距離Lcを可動部20a及び20bの長さDfの約1.5倍に設定し、かつ、取付面34a及び34b間にそれぞれほぼ同じ厚みの3つのスペーサ部材37A、37B及び37Cを介在させた場合を示す。

【0068】図7に示す第2の変形例に係る圧電／電歪デバイス10bでは、取付面34a及び34b間の距離Lcを可動部20a及び20bの長さDfの約1.5倍に設定し、かつ、1つの大きなスペーサ部材37を接着剤38を介して取付面34a及び34b間に接着させた場合を示す。

【0069】更に、例えば第2の変形例に係る圧電／電歪デバイス10bにおいては、例えば図8に示すように、スペーサ部材37の中心軸nから各端面34a及び34bまでの距離La及びLbをほぼ等しくすることが好ましい。

【0070】これら第1及び第2の変形例に係る圧電／電歪デバイス10a及び10bでは、3つのスペーサ部材37A～37C（図6参照）並びにスペーサ部材37（図7参照）は、ほぼ直方体の形状を呈し、各側面（薄板部12a及び12bの可動部20a及び20bに対向する面）の面積は、薄板部12a及び12bの可動部20a及び20bにおける取付面34a及び34bの面積とほぼ同じに設定されている。

【0071】ここで、例えば第2の変形例に係る圧電／電歪デバイス10bの動作について説明する。まず、例えば2つの圧電／電歪素子18a及び18bが自然状態、即ち、圧電／電歪素子18a及び18bが共に変位動作を行っていない場合は、図8に示すように、圧電／電歪デバイス10bの長軸（固定部14の中心軸）mとスペーサ部材37の中心軸nとがほぼ一致している。

【0072】この状態から、例えば図9Aの波形図に示すように、一方の圧電／電歪素子18aにおける一対の電極24及び26に所定のバイアス電位Vbを有するサイン波Waをかけ、図9Bに示すように、他方の圧電／電歪素子18bにおける一対の電極24及び26に前記サイン波Waとはほぼ180°位相の異なるサイン波Wbをかける。

【0073】そして、一方の圧電／電歪素子18aにおける一対の電極24及び26に対して例えば最大値の電圧が印加された段階においては、一方の圧電／電歪素子18aにおける圧電／電歪層22はその主面方向に収縮変位する。これにより、例えば図10に示すように、一方の薄板部12aに対し、矢印Aに示すように、該薄板部12aを例えば右方向に撓ませる方向の応力が発生す

ることから、該一方の薄板部12aは、右方向に撓み、このとき、他方の圧電／電歪素子18bにおける一对の電極24及び26には、電圧は印加されていない状態となるため、他方の薄板部12bは一方の薄板部12aの撓みに追従して右方向に撓む。その結果、可動部20a及び20b並びにスペーサ部材37は、圧電／電歪デバイス10bの長軸mに対して例えば右方向に変位する。なお、変位量は、各圧電／電歪素子18a及び18bに印加される電圧の最大値に応じて変化し、例えば最大値が大きくなるほど変位量も大きくなる。

【0074】特に、圧電／電歪層22の構成材料として、高い抗電界を有する圧電／電歪材料を適用した場合には、図9A及び図9Bの二点鎖線の波形に示すように、最小値のレベルが僅かに負のレベルとなるように、前記バイアス電位を調整するようにしてもよい。この場合、該負のレベルが印加されている圧電／電歪素子（例えば他方の圧電／電歪素子18b）の駆動によって、例えば他方の薄板部12bに一方の薄板部12aの撓み方向と同じ方向の応力が発生し、可動部20a及び20b並びにスペーサ部材37の変位量をより大きくすることが可能となる。つまり、図9A及び図9Bにおける二点鎖線に示すような波形を使用することで、負のレベルが印加されている圧電／電歪素子18b又は18aが、変位動作の主体となっている圧電／電歪素子18a又は18bをサポートするという機能を持たせることができる。

【0075】このように、本実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10においては、圧電／電歪素子18a及び18bの微小な変位が薄板部12a及び12bの撓みを利用して大きな変位動作に増幅されて、可動部20a及び20bに伝達することになるため、可動部20a及び20bを、圧電／電歪デバイス10bの長軸mに対して大きく変位させることが可能となる。

【0076】特に、この実施の形態では、可動部20a及び20bに互いに対向する取付面34a及び34bを設けるようにしている。この場合、互いに対向する取付面34a及び34bの間を空隙36にしたり、前記互いに対向する取付面34a及び34bの間に可動部20a及び20bの構成部材よりも軽い部材を介在させることで、可動部20a及び20bの軽量化を有効に図ることができ、可動部20a及び20bの変位量を低下させることなく、共振周波数を高めることが可能となる。

【0077】ここで、周波数とは、一对の電極24及び26に印加する電圧を交替的に切り換えて、可動部20a及び20bを左右に変位させたときの電圧波形の周波数を示し、共振周波数とは、可動部20a及び20bの変位動作が所定の振動モードで追従できる最大の周波数を示す。

【0078】また、この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10においては、可動部20a及び20b、薄板

部12a及び12b並びに固定部14が一体化されており、すべての部分を脆弱で比較的重い材料である圧電／電歪材料によって構成する必要がないため、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れ、動作上、有害な振動（例えば、高速作動時の残留振動やノイズ振動）の影響を受け難いという利点を有する。

【0079】更に、この実施の形態においては、互いに対向する取付面34a及び34bの間を空隙36とした場合、一方の取付面34aを含む可動部20aと、他方の取付面34bを含む可動部20bとが撓みやすくなり、変形に強くなる。そのため、圧電／電歪デバイス10のハンドリング性に優れることとなる。

【0080】また、前記互いに対向する取付面34a及び34bの存在により、可動部20a及び20bの表面積が大きくなる。従って、可動部20a及び20bに他の部品を取り付ける場合に、その取付面積を大きくとることができ、部品の取付性を向上させることができる。ここで、部品を例えば接着剤等によって固着する場合を考えると、物品は、可動部20a及び20bの主面（前面及び／又は背面）だけでなく、互いに対向する取付面34a及び34bを通じて接着されることになり、部品を確実に固着することができる。

【0081】また、この実施の形態においては、圧電／電歪素子18a及び18bを、圧電／電歪層22と、該圧電／電歪層22の両側に形成された一对の電極24及び26とを有して構成し、一对の電極24及び26のうち、一方の電極24を少なくとも薄板部12a及び12bの側面に直接形成するようにしたので、圧電／電歪素子18a及び18bによる振動を薄板部12a及び12bを通じて効率よく可動部20a及び20bに伝達することができ、応答性の向上を図ることができる。

【0082】また、この実施の形態においては、例えば図1に示すように、一对の電極24及び26が圧電／電歪層22を間に挟んで重なる部分（実質的駆動部分40）を固定部14の一部から薄板部12a及び12bの一部にかけて連続的に形成するようにしている。実質的駆動部分40を更に可動部20a及び20bの一部にかけて形成した場合、可動部20a及び20bの変位動作が前記実質的駆動部分40の変形と薄板部12a及び12bの変形とが相反し、大きな変位を得ることができなくなるおそれがあるが、この実施の形態では、前記実質的駆動部分40を可動部20a及び20bと固定部14の両方につけずに形成しているため、可動部20a及び20bの変位動作が制限されるという不都合が回避され、可動部20a及び20bの変位量を大きくすることができる。

【0083】逆に、可動部20a及び20bの一部に圧電／電歪素子18a及び18bを形成する場合は、前記実質的駆動部分40が可動部20a及び20bの一部から薄板部12a及び12bの一部にかけて位置させるよ

うに形成することが好ましい。これは、実質的駆動部分 40 が固定部 14 の一部にまでわたって形成されると、上述したように、可動部 20 a 及び 20 b の変位動作が制限されるからである。

【0084】上述の例では、可動部 20 a 及び 20 b に取付面 34 a 及び 34 b を設けた例を示したが、その他、図 11 に示す第 3 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 c のように、固定部 14 に端面 34 a 及び 34 b を設けるようにしてもよい。この場合、例えば一對の薄板部 12 a 及び 12 b の先端部分に設けられる可動部 20 a 及び 20 b は一体に連結された形状を有し、固定部 14 に互いに対向する端面 34 a 及び 34 b が設けられることとなる。

【0085】これにより、前述した可動部 20 a 及び 20 b に互いに対向する取付面 34 a 及び 34 b を有する場合の効果に加え、この第 3 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 c を所定の固定部分に強固に固定することが可能となり、信頼性の向上を図ることができる。実質的駆動部分 40 の長さは、薄板部 12 a 及び 12 b の長さの 20 % ~ 95 % とすることが好ましく、40 % ~ 80 % とすることが更に好ましい。

【0086】次に、本実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10 の好ましい構成例について説明する。

【0087】まず、可動部 20 a 及び 20 b の変位動作を確実なものとするために、圧電／電歪素子 18 a 及び 18 b の実質的駆動部分 40 が固定部 14 もしくは可動部 20 a 及び 20 b にかかる距離 D g を薄板部 12 a 及び 12 b の厚み D d の 1/2 以上とすることが好ましい。

【0088】そして、薄板部 12 a 及び 12 b の内壁間の距離 (X 軸方向の距離) D a と薄板部 12 a 及び 12 b の幅 (Y 軸方向の距離) D b との比 D a / D b が 0.5 ~ 2.0 となるように構成する。前記比 D a / D b は、好ましくは 1 ~ 1.5 とされ、更に好ましくは 1 ~ 1.0 とされる。この比 D a / D b の規定値は、可動部 20 a 及び 20 b の変位量を大きくし、X-Z 平面内での変位を支配的に得られることの発見に基づく規定である。

【0089】一方、薄板部 12 a 及び 12 b の長さ (Z 軸方向の距離) D e と薄板部 12 a 及び 12 b の内壁間の距離 D a との比 D e / D a においては、好ましくは 0.5 ~ 1.0 とされ、更に好ましくは 0.5 ~ 5 とすることが望ましい。この比 D e / D a の規定値は、スペーサ部材 (37 A ~ 37 C や 37) が介在された可動部 20 a 及び 20 b の変位量を大きくでき、かつ、高い共振周波数で変位動作を行うことができる (高い応答速度を達成できる) という発見に基づく規定である。

【0090】従って、この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10 を Y 軸方向への煽り変位、あるいは振動を抑制し、かつ、高速応答性に優れ、相対的に低電圧で大きな変位を併せ持つ構造とするには、比 D a / D b を

0.5 ~ 2.0 とし、かつ、比 D e / D a を 0.5 ~ 1.0 にすることが好ましく、更に好ましくは比 D a / D b を 1 ~ 1.0 とし、かつ、比 D e / D a を 0.5 ~ 5 にすることである。

【0091】更に、例えば第 2 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 b においては、一對の薄板部 12 a 及び 12 b の両内壁と可動部 20 a 及び 20 b の内壁とスペーサ部材 37 の内壁 (及び接着剤 38 の内壁) と固定部 14 の内壁とにより孔部 42 が形成されることになるが、この孔部 42 にゲル状の材料、例えばシリコンゲルを充填することが好ましい。通常は、充填材の存在によって、可動部 20 a 及び 20 b の変位動作が制限を受けることになるが、この第 2 の変形例では、可動部 20 a 及び 20 b への端面 34 a 及び 34 b の形成に伴う軽量化や可動部 20 a 及び 20 b の変位量の増大化を図るようにしているため、前記充填材による可動部 20 a 及び 20 b の変位動作の制限が打ち消され、充填材の存在による効果、即ち、高共振周波数化や剛性の確保を実現させることができる。

【0092】また、可動部 20 a 及び 20 b の長さ (Z 軸方向の距離) D f は、短いことが好ましい。短くすることで軽量化と共振周波数の増大が図られるからである。更に、物品を挟持する際、変位を向上させることができる。しかしながら、可動部 20 a 及び 20 b の X 軸方向の剛性を確保し、その変位を確実なものとするためには、薄板部 12 a 及び 12 b の厚み D d との比 D f / D d を 2 以上、好ましくは 5 以上とすることが望ましい。

【0093】なお、各部の実寸法は、可動部 20 a 及び 20 b への部品の取り付けのための接合面積、固定部 14 を他の部材に取り付けるための接合面積、電極用端子などの取り付けのための接合面積、圧電／電歪デバイス 10 全体の強度、耐久度、必要な変位量並びに共振周波数、そして、駆動電圧等を考慮して定められることになる。

【0094】具体的には、例えば薄板部 12 a 及び 12 b の内壁間の距離 D a は、100  $\mu$ m ~ 2000  $\mu$ m が好ましく、更に好ましくは 200  $\mu$ m ~ 1600  $\mu$ m である。薄板部 12 a 及び 12 b の幅 D b は、50  $\mu$ m ~ 2000  $\mu$ m が好ましく、更に好ましくは 100  $\mu$ m ~ 500  $\mu$ m である。薄板部 12 a 及び 12 b の厚み D d は、Y 軸方向への変位成分である煽り変位が効果的に抑制できるように、薄板部 12 a 及び 12 b の幅 D b との関係において D b > D d とされ、かつ、2  $\mu$ m ~ 100  $\mu$ m が好ましく、更に好ましくは 10  $\mu$ m ~ 80  $\mu$ m である。

【0095】薄板部 12 a 及び 12 b の長さ D e は、200  $\mu$ m ~ 3000  $\mu$ m が好ましく、更に好ましくは 300  $\mu$ m ~ 2000  $\mu$ m である。可動部 20 a 及び 20 b の長さ D f は、50  $\mu$ m ~ 2000  $\mu$ m が好ましく、

更に好ましくは $100\mu\text{m}\sim 1000\mu\text{m}$ であり、より好ましくは $200\mu\text{m}\sim 600\mu\text{m}$ である。

【0096】このような構成にすることにより、X軸方向の変位に対してY軸方向の変位が10%を超えないが、上述の寸法比率と実寸法の範囲で適宜調整を行うことで低電圧駆動が可能で、Y軸方向への変位成分を5%以下に抑制できるというきわめて優れた効果を示す。つまり、可動部20a及び20bは、実質的にX軸方向という1軸方向に変位することになり、しかも、高速応答性に優れ、相対的に低電圧で大きな変位を得ることができる。

【0097】また、この圧電／電歪デバイス10においては、デバイスの形状が従来のような板状（変位方向に直交する方向の厚みが小さい）ではなく、可動部20a及び20bと固定部14が直方体の形状（変位方向に直交する方向の厚みが大きい）を呈しており、可動部20a及び20bと固定部14の側面が連続するように一対の薄板部12a及び12bが設けられているため、圧電／電歪デバイス10のY軸方向の剛性を選択的に高くすることができる。

【0098】即ち、この圧電／電歪デバイス10では、平面内（XZ平面内）における可動部20a及び20bの動作のみを選択的に発生させることができ、可動部20a及び20bのYZ面内の動作（いわゆる煽り方向の動作）を抑制することができる。

【0099】次に、この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10の各構成要素について説明する。

【0100】可動部20a及び20bは、上述したように、薄板部12a及び12bの駆動量に基づいて作動する部分であり、圧電／電歪デバイス10の使用目的に応じて種々の部材が取り付けられる。例えば、圧電／電歪デバイス10を変位素子として使用する場合は、光シャッタの遮蔽板等が取り付けられ、特に、ハードディスクドライブの磁気ヘッドの位置決めやリング抑制機構に使用するのであれば、磁気ヘッド、磁気ヘッドを有するスライダ、スライダを有するサスペンション等の位置決めを必要とする部材が取り付けられる。

【0101】固定部14は、上述したように、薄板部12a及び12b並びに可動部20a及び20bを支持する部分であり、例えば前記ハードディスクドライブの磁気ヘッドの位置決めを利用する場合には、VCM（ボイスコイルモータ）に取り付けられたキャリッジアーム、該キャリッジアームに取り付けられた固定プレート又はサスペンション等に固定部14を支持固定することにより、圧電／電歪デバイス10の全体が固定される。また、この固定部14には、図1に示すように、圧電／電歪素子18a及び18bを駆動するための端子28及び30その他の部材が配置される場合もある。

【0102】可動部20a及び20b並びに固定部14を構成する材料としては、剛性を有する限りにおいて特

に限定されないが、後述するセラミックグリーンシート積層法を適用できるセラミックスを好適に用いることができる。具体的には、安定化ジルコニア、部分安定化ジルコニアをはじめとするジルコニア、アルミナ、マグネシア、窒化珪素、窒化アルミニウム、酸化チタンを主成分とする材料等が挙げられるほか、これらの混合物を主成分とした材料が挙げられるが、機械的強度や靱性が高い点において、ジルコニア、特に安定化ジルコニアを主成分とする材料と部分安定化ジルコニアを主成分とする材料が好ましい。また、金属材料においては、剛性を有する限り、限定されないが、ステンレス鋼、ニッケル等が挙げられる。

【0103】薄板部12a及び12bは、上述したように、圧電／電歪素子18a及び18bの変位により駆動する部分である。薄板部12a及び12bは、可撓性を有する薄板状の部材であって、表面に配設された圧電／電歪素子18a及び18bの伸縮変位を屈曲変位として増幅して、可動部20a及び20bに伝達する機能を有する。従って、薄板部12a及び12bの形状や材質は、可撓性を有し、屈曲変形によって破損しない程度の機械的強度を有するものであれば足り、可動部20a及び20bの応答性、操作性を考慮して適宜選択することができる。

【0104】薄板部12a及び12bの厚みDdは、 $2\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 程度とすることが好ましく、薄板部12a及び12bと圧電／電歪素子18a及び18bとを合わせた厚みは $7\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ とすることが好ましい。電極24及び26の厚みは $0.1\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ 、圧電／電歪層22の厚みは $3\mu\text{m}\sim 300\mu\text{m}$ とすることが好ましい。

【0105】薄板部12a及び12bを構成する材料としては、可動部20a及び20bや固定部14と同様のセラミックスを好適に用いることができ、ジルコニア、中でも安定化ジルコニアを主成分とする材料と部分安定化ジルコニアを主成分とする材料は、薄肉であっても機械的強度が大きいこと、靱性が高いこと、圧電／電歪層や電極材との反応性が小さいことから最も好適に用いられる。

【0106】また、金属材料で構成する場合にも、前述のとおり、可撓性を有し、屈曲変形が可能な金属材料であればよいが、好ましくは、鉄系材料としては、各種ステンレス鋼、各種バネ鋼鋼材で構成することが望ましく、非鉄系材料としては、ベリリウム銅、リン青銅、ニッケル、ニッケル鉄合金で構成することが望ましい。

【0107】前記安定化ジルコニア並びに部分安定化ジルコニアにおいては、次のように安定化並びに部分安定化されたものが好ましい。即ち、ジルコニアを安定化並びに部分安定化させる化合物としては、酸化イットリウム、酸化イッテルビウム、酸化セリウム、酸化カルシウム、及び酸化マグネシウムがあり、少なくともそのうち



の1つの化合物を添加、含有させることにより、あるいは1種類の化合物の添加のみならず、それら化合物を組み合わせて添加することによっても、目的とするジルコニアの安定化は可能である。

【0108】なお、それぞれの化合物の添加量としては、酸化イットリウムや酸化イッテルビウムの場合にあっては、1～30モル%、好ましくは1.5～10モル%、酸化セリウムの場合にあっては、6～50モル%、好ましくは8～20モル%、酸化カルシウムや酸化マグネシウムの場合にあっては、5～40モル%、好ましくは5～20モル%とすることが望ましいが、その中でも特に酸化イットリウムを安定化剤として用いることが好ましく、その場合においては、1.5～10モル%、更に好ましくは2～4モル%とすることが望ましい。また、焼結助剤等の添加物としてアルミナ、シリカ、遷移金属酸化物等を0.05～20wt%の範囲で添加することが可能であるが、圧電/電歪素子18a及び18bの形成手法として、膜形成法による焼成一体化を採用する場合は、アルミナ、マグネシア、遷移金属酸化物等を添加物として添加することも好ましい。

【0109】なお、機械的強度と安定した結晶相が得られるように、ジルコニアの平均結晶粒子径を0.05～3 $\mu$ m、好ましくは0.05～1 $\mu$ mとすることが望ましい。また、上述のように、薄板部12a及び12bについては、可動部20a及び20b並びに固定部14と同様のセラミックスを用いることができるが、好ましくは、実質的に同一の材料を用いて構成することが、接合部分の信頼性、圧電/電歪デバイス10の強度、製造の煩雑さの低減を図る上で有利である。

【0110】圧電/電歪素子18a及び18bは、少なくとも圧電/電歪層22と、該圧電/電歪層22に電界をかけるための一対の電極24及び26を有するものであり、ユニモルフ型、バイモルフ型等の圧電/電歪素子を用いることができるが、薄板部12a及び12bと組み合わせたユニモルフ型の方が、発生する変位量の安定性に優れ、軽量化に有利であるため、このような圧電/電歪デバイス10に適している。

【0111】前記圧電/電歪素子18a及び18bは、図1に示すように、薄板部12a及び12bの側面に形成する方が薄板部12a及び12bをより大きく駆動させることができる点で好ましい。

【0112】圧電/電歪層22には、圧電セラミックスが好適に用いられるが、電歪セラミックスや強誘電体セラミックス、あるいは反強誘電体セラミックスを用いることも可能である。但し、この圧電/電歪デバイス10をハードディスクドライブの磁気ヘッドの位置決め等に用いる場合は、可動部20a及び20bの変位量と駆動電圧又は出力電圧とのリニアリティが重要とされるため、歪み履歴の小さい材料を用いることが好ましく、抗電界が10kV/mm以下の材料を用いることが好まし

い。

【0113】具体的な材料としては、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、アンチモンズ酸鉛、マンガンタングステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛、チタン酸バリウム、チタン酸ナトリウムビスマス、ニオブ酸カリウムナトリウム、タンタル酸ストロンチウムビスマス等を単独であるいは混合物として含有するセラミックスが挙げられる。

10 【0114】特に、高い電気機械結合係数と圧電定数を有し、圧電/電歪層22の焼結時における薄板部（セラミックス）12a及び12bとの反応性が小さく、安定した組成のものが得られる点において、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、及びマグネシウムニオブ酸鉛を主成分とする材料、もしくはチタン酸ナトリウムビスマスを主成分とする材料が好適に用いられる。

20 【0115】更に、前記材料に、ランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タングステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガン、セリウム、カドミウム、クロム、コバルト、アンチモン、鉄、イットリウム、タンタル、リチウム、ビスマス、スズ等の酸化物等を単独で、もしくは混合したセラミックスを用いてもよい。

【0116】例えば、主成分であるジルコン酸鉛とチタン酸鉛及びマグネシウムニオブ酸鉛に、ランタンやストロンチウムを含有させることにより、抗電界や圧電特性を調整可能となる等の利点を得られる場合がある。

30 【0117】なお、シリカ等のガラス化し易い材料の添加は避けることが望ましい。なぜならば、シリカ等の材料は、圧電/電歪層22の熱処理時に、圧電/電歪材料と反応し易く、その組成を変動させ、圧電特性を劣化させるからである。

40 【0118】一方、圧電/電歪素子18a及び18bの一対の電極24及び26は、室温で固体であり、導電性に優れた金属で構成されていることが好ましく、例えばアルミニウム、チタン、クロム、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、ニオブ、モリブデン、ルテニウム、パラジウム、ロジウム、銀、スズ、タンタル、タングステン、イリジウム、白金、金、鉛等の金属単体、もしくはこれらの合金が用いられ、更に、これらに圧電/電歪層22あるいは薄板部12a及び12bと同じ材料を分散させたサーメット材料を用いてもよい。

50 【0119】圧電/電歪素子18a及び18bにおける電極24及び26の材料選定は、圧電/電歪層22の形成方法に依存して決定される。例えば薄板部12a及び12b上に一方の電極24を形成した後、該一方の電極24上に圧電/電歪層22を焼成により形成する場合は、一方の電極24には、圧電/電歪層22の焼成温度においても変化しない白金、パラジウム、白金-パラジウム合金、銀-パラジウム合金等の高融点金属を使用す



る必要があるが、圧電／電歪層 22 を形成した後に、該圧電／電歪層 22 上に形成される最外層の他方の電極 26 は、低温で電極形成を行うことができるため、アルミニウム、金、銀等の低融点金属を主成分として使用することができる。

【0120】また、電極 24 及び 26 の厚みは、少なからず圧電／電歪素子 18a 及び 18b の変位を低下させる要因ともなるため、特に圧電／電歪層 22 の焼成後に形成される電極には、焼成後に緻密でより薄い膜が得られる有機金属ペースト、例えば金レジネートペースト、白金レジネートペースト、銀レジネートペースト等の材料を用いることが好ましい。

【0121】上述の例では、薄板部 12a 及び 12b の先端部分に一体に形成される可動部 20a 及び 20b の厚みを薄板部 12a 及び 12b の厚み Dd よりも厚くした場合を示したが、その他、図 12 に示す第 4 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10d のように、可動部 20a 及び 20b の厚みを薄板部 12a 及び 12b の厚み Dd とほぼ同じにしてもよい。これにより、可動部 20a 及び 20b に物品を取り付ける場合に、可動部 20a 及び 20b 間に薄板部 12a 及び 12b 間の距離に相当する大きさの物品を挟み込むように取り付けることが可能となる。この場合、物品を取り付けるための接着剤領域（例えば図 7 の接着剤 38）が可動部 20a 及び 20b に対応することになる。

【0122】そして、圧電／電歪デバイス 10 は、超音波センサや加速度センサ、角速度センサや衝撃センサ、質量センサ等の各種センサに好適に利用でき、端面 34a 及び 34b ないし薄板部 12a 及び 12b 間に取り付けられる物体のサイズを適宜調整することにより、センサの感度調整が容易に行えるという更なる利点がある。

【0123】次に、本発明のより好ましい実施の形態としての第 5～第 7 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10e～10g について図 13～図 15 を参照しながら説明する。

【0124】まず、第 5 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10e は、図 13 に示すように、これまでに説明した圧電／電歪デバイス 10 とほぼ同様の構成を有するが、圧電／電歪素子 18a 及び 18b の構成等が以下の点で異なる。

【0125】即ち、圧電／電歪素子 18a 及び 18b は、圧電／電歪層 22 が 4 層構造とされ、一方の電極 24 が 1 層目の上面と 3 層目の上面に位置するように櫛歯状に形成され、他方の電極 26 が 1 層目の下面と 2 層目の上面と 4 層目の上面に位置するように櫛歯状に形成されている。

【0126】特に、1 層目の下面に位置する他方の電極 26 は、薄板部 12a 及び 12b、可動部 20a 及び 20b、固定部 14 の各側面にかけてほぼ連続して形成され、更に、固定部 14 の側面において一部分離されてス

リット 70 を構成している。

【0127】このスリット 70 を設けた趣旨は、①：圧電／電歪素子 18a 及び 18b の後端部 72（スリット 70 の後端側端部から固定部 14 の後端までの部分）におけるアクチュエータを駆動させないこと、②：一方の端子 28 の端部で短絡が生じにくくすること、③：圧電／電歪素子 18a 及び 18b の後端部における圧電／電歪層 22 の下面に電極材料を配置することである。

【0128】なお、スリット 70 を設けることが反対に好ましくない場合は、スリット 70 は必ずしも設ける必要はなく、省略してもかまわない。

【0129】ここで、図 13 にあつては、薄板部 12a 及び 12b の厚み Dd は 0.05mm、一方の薄板部 12a の側面から他方の薄板部 12b の側面までの距離 Dh は 1.3mm、固定部 14 の長さ Di（圧電／電歪デバイス 10f の軸方向に沿った固定部 14 の長さ）は 0.4mm、可動部 20a 及び 20b の長さ Df は 0.3mm、可動部 20a 及び 20b の幅 Dj は 0.25mm、可動部 20a 及び 20b の突出量 Dk は 0.05mm、圧電／電歪デバイス 10f の全体の長さ Dm（可動部 20a 及び 20b の先端から固定部 14 の後端までの距離）は 1.9mm であり、端面 34a および 34b 間の最小距離（図 1 の距離 Lc に相当する）が 1.04mm である場合を示している。

【0130】各部の寸法は、上述の寸法に対して±10%の範囲で制御され、この場合、端面 34a 及び 34b 間に、図 7 に示すような構成部材と同じ材質のスペーサ部材 37 で可動部 20a 及び 20b を接続すると、共振周波数  $45 \pm 10 \text{ kHz}$ 、変位  $0.5 \mu\text{m}$  以上（30Vpp）の圧電／電歪デバイスが得られる。

【0131】図 13 では、4 層構造の圧電／電歪層 22 の各端面を揃えるように示しているが、圧電／電歪層 22 の端面を上層になるにつれて徐々に内方に向かうようにし、段差を設けることが好ましい。

【0132】次に、第 6 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10f は、図 14 に示すように、第 5 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10e とほぼ同様の構成を有するが、圧電／電歪素子 18a 及び 18b の構成が以下の点で異なる。

【0133】即ち、圧電／電歪素子 18a 及び 18b は、圧電／電歪層 22 が 3 層構造とされ、一方の電極 24 が 1 層目の下面の一部と 2 層目の上面に位置するように櫛歯状に形成され、他方の電極 26 が 1 層目の下面の一部と 1 層目の上面と 3 層目の上面に位置するように櫛歯状に形成されている。

【0134】特に、1 層目の下面に位置する一方の電極 24 及び他方の電極 26 は、薄板部 12a 及び 12b の一部においてスリット 70 を介して分離されており、1 層目の下面に位置する他方の電極は、スリット 70 から可動部 20a 及び 20b の上端にかけて連続して形成さ

れ、1層目の下面に位置する一方の電極24は、スリット70から固定部14の後端にかけて連続して形成されている。

【0135】次に、第7の変形例に係る圧電／電歪デバイス10gは、図15に示すように、第6の変形例に係る圧電／電歪デバイス10fとほぼ同様の構成を有するが、一对の電極24及び26の形成パターンが以下の点で異なる。

【0136】即ち、一方の電極24は、1層目の圧電／電歪層22の下面と2層目の上面に位置するように櫛歯状に形成され、他方の電極26は、1層目の圧電／電歪層22の上面と3層目の上面に位置するように櫛歯状に形成されている。

【0137】特に、1層目の下面に位置する一方の電極24は、薄板部12a及び12b、可動部20a及び20b、固定部14の各側面にかけて連続して形成されている。

【0138】ここで、第6の変形例に係る圧電／電歪デバイス10fとの違いを説明すると、第6の変形例に係る圧電／電歪デバイス10fは、図14に示すように、薄板部12a上において一方の電極24と他方の電極26が共に形成されていることから、圧電／電歪素子18a及び18bの両端（可動部20a及び20bの先端に対応した端部と固定部14の後端に対応した端部）において、極性が互いに逆とされた電極24及び26が位置することになる。

【0139】これに対して、第7の変形例に係る圧電／電歪デバイス10gでは、図15に示すように、薄板部12a及び12b上において一方の電極24のみが形成されているため、圧電／電歪素子18a及び18bの両端において、極性が互いに同一とされた電極24が位置することになる。これら端部の極性の特徴は、圧電／電歪デバイス10gが利用される回路と適宜組み合わせで利用されることになる。

【0140】また、圧電／電歪素子18a及び18bの実質的駆動部分は、一对の電極24及び26が重なる部分であるが、第6の変形例に係る圧電／電歪デバイス10fでは、図14に示すように、圧電／電歪層22の各層に形成された電極24及び26が重なる部分であって、範囲Cで示す部分の一種である。

【0141】これに対して、第7の変形例に係る圧電／電歪デバイス10gの実質的駆動部分は、圧電／電歪層22の各層に形成された電極24及び26が重なる部分（範囲Cで示す部分）と、2層目の圧電／電歪層22の上面に形成された一方の電極24の端部よりも可動部20a及び20b側に位置し、1層目の圧電／電歪層22を介して一对の電極24及び26が重なる部分（範囲Dで示す部分）の2種であり、範囲Dで示す部分も駆動源となっているところに特徴がある。

【0142】次に、この実施の形態に係る圧電／電歪デ

バイス10のいくつかの製造方法を図16～図40を参照しながら説明する。

【0143】この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10は、各部材の構成材料をセラミックスとし、圧電／電歪デバイス10の構成要素として、圧電／電歪素子18a及び18bを除く基体16、即ち、薄板部12a及び12b、固定部14並びに可動部20a及び20bについてはセラミックグリーンシート積層法を用いて製造することが好ましく、一方、圧電／電歪素子18a及び18bをはじめとして、各端子28及び30については、薄膜や厚膜等の膜形成手法を用いて製造することが好ましい。

【0144】圧電／電歪デバイス10の基体16における各部材を一体的に成形することが可能なセラミックグリーンシート積層法によれば、各部材の接合部の経時的な状態変化がほとんど生じないため、接合部位の信頼性が高く、かつ、剛性確保に有利な方法である。

【0145】この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10では、薄板部12a及び12bと固定部14との境界部分（接合部分）並びに薄板部12a及び12bと可動部20a及び20bとの境界部分（接合部分）は、変位発現の支点となるため、接合部分の信頼性は圧電／電歪デバイス10の特性を左右する重要なポイントである。

【0146】また、以下に示す製造方法は、生産性や成形性に優れるため、所定形状の圧電／電歪デバイス10を短時間に、かつ、再現性よく得ることができる。

【0147】以下、具体的に本実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10の第1の製造方法について説明する。ここで、定義付けをしておく。セラミックグリーンシートを積層して得られた積層体をセラミックグリーン積層体58（例えば図17参照）と定義し、このセラミックグリーン積層体58を焼成して一体化したものをセラミック積層体60（例えば図18参照）と定義し、このセラミック積層体60から不要な部分を切除して可動部20a及び20b、薄板部12a及び12b並びに固定部14が一体化されたものをセラミック基体16C（図19参照）と定義する。

【0148】また、この第1の製造方法においては、圧電／電歪デバイス10を同一基板内に縦方向及び横方向にそれぞれ複数個配置した形態で、最終的にセラミック積層体60をチップ単位に切断して、圧電／電歪デバイス10を同一工程で多数個取りするものであるが、説明を簡単にするために、圧電／電歪デバイス10の1個取りを主体にして説明する。

【0149】まず、ジルコニア等のセラミック粉末にバインダ、溶剤、分散剤、可塑剤等を添加混合してスラリーを作製し、これを脱泡処理後、リバースロールコーター法、ドクターブレード法等の方法により、所定の厚みを有するセラミックグリーンシートを作製する。

【0150】次に、金型を用いた打抜加工やレーザ加工等の方法により、セラミックグリーンシートを図16のような種々の形状に加工して、複数枚の基体形成用のセラミックグリーンシート50A～50I、52A及び52Bを得る。

【0151】これらセラミックグリーンシート50A～50I、52A及び52Bは、少なくとも薄板部12a及び12b間に空間を形成するための窓部54が形成された複数枚（例えば9枚）のセラミックグリーンシート50A～50Iと、後に薄板部12a及び12bとなる複数枚（例えば2枚）のセラミックグリーンシート52A及び52Bとを有する。なお、セラミックグリーンシートの枚数は、あくまでも一例である。

【0152】その後、図17に示すように、セラミックグリーンシート52A及び52Bでセラミックグリーンシート50A～50Iを挟み込むようにして、これらセラミックグリーンシート50A～50I、52A及び52Bを積層・圧着して、セラミックグリーン積層体58とした後、該セラミックグリーン積層体58を焼成してセラミック積層体60（図18参照）を得る。

【0153】なお、積層一体化のための圧着回数や順序は限定されない。構造に応じて、例えば窓部54の形状、セラミックグリーンシートの枚数等により所望の構造を得るように適宜決めることができる。

【0154】窓部54の形状は、すべて同一である必要はなく、所望の機能に応じて決定することができる。また、セラミックグリーンシートの枚数、各セラミックグリーンシートの厚みも特に限定されない。

【0155】圧着は、熱を加えることで、より積層性を向上させることができる。また、セラミック粉末（セラミックグリーンシートに使用されたセラミックスと同一又は類似した組成であると、信頼性確保の点で好ましい）、バインダを主体としたペースト、スラリー等をセラミックグリーンシート上に塗布、印刷して、接合補助層とすることで、セラミックグリーンシート界面の積層性を向上させることができる。なお、セラミックグリーンシート52A及び52Bが薄い場合には、プラスチックフィルム、中でも表面にシリコン系の離型剤をコーティングしたポリエチレンテレフタレートフィルムを用いて取り扱うことが好ましい。

【0156】次に、図18に示すように、前記セラミック積層体60の両表面、即ち、セラミックグリーンシート52A及び52Bが積層された表面に相当する表面にそれぞれ圧電／電歪素子18a及び18bを形成する。圧電／電歪素子18a及び18bの形成法としては、スクリーン印刷法、ディッピング法、塗布法、電気泳動法等の厚膜形成法や、イオンビーム法、スパッタリング法、真空蒸着、イオンプレーティング法、化学気相成長法（CVD）、めっき等の薄膜形成法を用いることができる。

【0157】このような膜形成法を用いて圧電／電歪素子18a及び18bを形成することにより、接着剤を用いることなく、圧電／電歪素子18a及び18bと薄板部12a及び12bとを一体的に接合、配設することができ、信頼性、再現性を確保できると共に、集積化を容易にすることができる。

【0158】この場合、厚膜形成法により圧電／電歪素子18a及び18bを形成することが好ましい。特に、圧電／電歪層22の形成において厚膜形成法を用いれば、平均粒径0.01～5μm、好ましくは0.05～3μmの圧電セラミックスの粒子、粉末を主成分とするペーストやスラリー、又はサスペンションやエマルジョン、ゾル等を用いて膜化することができ、それを焼成することによって良好な圧電／電歪特性を得ることができるからである。

【0159】なお、電気泳動法は、膜を高い密度で、かつ、高い形状精度で形成できるという利点がある。また、スクリーン印刷法は、膜形成とパターン形成とを同時にできるため、製造工程の簡略化に有利である。

【0160】具体的に、圧電／電歪素子18a及び18bの形成について説明する。まず、セラミックグリーン積層体58を1200℃～1600℃の温度で焼成、一体化してセラミック積層体60を得た後、該セラミック積層体60の両表面の所定位置に薄板部12a及び12bの第1の一方の電極24を印刷、焼成し、次いで、圧電／電歪層22を印刷、焼成し、更に、前記第1の一方の電極24と対をなす他方の電極26を印刷、焼成し、これらを所定回数繰り返して（圧電／電歪素子18a及び18bが多層の圧電／電歪層22から構成される場合）、圧電／電歪素子18a及び18bを形成する。その後、各電極24及び26を駆動回路に電氣的に接続するための端子28及び30を印刷、焼成する。

【0161】また、最下層の第1の一方の電極24を印刷、焼成し、圧電／電歪層22と第1の一方の電極24と対をなす第1の他方の電極26を印刷、焼成し、この単位で所定回数だけ印刷、焼成を繰り返して、圧電／電歪素子18a及び18bを形成してもよい。

【0162】ここで、一方の電極24として白金（Pt）、圧電／電歪層22としてジルコン酸チタン酸鉛（PZT）、他方の電極26として金（Au）、更に、端子28及び30として銀（Ag）というように、各部材の焼成温度が積層順に従って低くなるように材料を選定すると、ある焼成段階において、それより以前に焼成された材料の再焼結が起らず、電極材等の剥離や凝集といった不具合の発生を回避することができる。

【0163】なお、適当な材料を選択することにより、圧電／電歪素子18a及び18bの各部材と端子28及び30を逐次印刷して、1回で一体焼成することも可能であり、最外層の圧電／電歪層22を形成した後に低温で最外層の電極26等を設けることもできる。

【0164】また、圧電／電歪素子18a及び18bの各部材と端子28及び30は、スパッタ法や蒸着法等の薄膜形成法によって形成してもよく、この場合には、必ずしも熱処理を必要としない。

【0165】圧電／電歪素子18a及び18bの形成においては、セラミックグリーン積層体58の両表面、即ち、セラミックグリーンシート52A及び52Bの各表面に予め圧電／電歪素子18a及び18bを形成しておき、該セラミックグリーン積層体58と圧電／電歪素子18a及び18bとを同時に焼成することも好ましく行われる。同時焼成にあたっては、セラミックグリーン積層体58と圧電／電歪素子18a及び18bのすべての構成膜に対して焼成を行うようにしてもよく、一方の電極24とセラミックグリーン積層体58とを同時焼成したり、他方の電極26を除く他の構成膜とセラミックグリーン積層体58とを同時焼成する方法等が挙げられる。

【0166】圧電／電歪素子18a及び18bとセラミックグリーン積層体58とを同時焼成する方法としては、スラリー原料を用いたテープ成形法等によって圧電／電歪層22の前駆体を成形し、この焼成前の圧電／電歪層22の前駆体をセラミックグリーン積層体58の表面上に熱圧着等で積層し、同時に焼成して可動部20a及び20b、薄板部12a及び12b、圧電／電歪層22、固定部14とを同時に作製する方法が挙げられる。但し、この方法では、上述した膜形成法を用いて、セラミックグリーン積層体58の表面及び／又は圧電／電歪層22に予め電極24を形成しておく必要がある。

【0167】その他の方法としては、セラミックグリーン積層体58の少なくとも最終的に薄板部12a及び12bとなる部分にスクリーン印刷により圧電／電歪素子18a及び18bの各構成層である電極24及び26、圧電／電歪層22を形成し、同時に焼成することが挙げられる。

【0168】圧電／電歪素子18a及び18bの構成膜の焼成温度は、これを構成する材料によって適宜決定されるが、一般には、500℃～1500℃であり、圧電／電歪層22に対しては、好ましくは1000℃～1400℃である。この場合、圧電／電歪層22の組成を制御するためには、圧電／電歪層22の材料の蒸発源の存在下に焼結することが好ましい。なお、圧電／電歪層22とセラミックグリーン積層体58を同時焼成する場合には、両者の焼成条件を合わせることが必要である。圧電／電歪素子18a及び18bは、必ずしもセラミック積層体60もしくはセラミックグリーン積層体58の両面に形成されるものではなく、片面のみでももちろんよい。

【0169】次に、上述のようにして、圧電／電歪素子18a及び18bが形成されたセラミック積層体60のうち、不要な部分を切除する。切除する位置は、セラミ

ック積層体60の側部、特に、該切除によってセラミック積層体60の側面に窓部54による孔部42が形成される箇所（切断線C1及びC2参照）である。

【0170】次いで、図19に示すように、可動部20a及び20bとなる部分の中心部分20cを切断線C3及びC4に沿って切断して除去して、可動部20a及び20b、薄板部12a及び12b並びに固定部14が一体化されたセラミック基体16Cに圧電／電歪素子18a及び18bが形成された圧電／電歪デバイス10を作製する。切除の方法としては、ダイシング加工、ワイヤソー加工等の機械加工のほか、YAGレーザ、エキシマレーザ等のレーザ加工や電子ビーム加工を適用することが可能である。

【0171】また、セラミック基体16Cの切り出しには、これらの加工方法を組み合わせて加工することになる。例えば切断線C1及びC2（図18参照）は、ワイヤソー加工とし、切断線C1及びC2に直交する固定部14、可動部20a及び20bの端面34a及び34bをダイシング加工とすることが好ましい。

【0172】ところで、上述の圧電／電歪デバイス10の第1の製造方法においては、一体焼成によって薄板部12a及び12b上に圧電／電歪素子18a及び18bを形成するようにしているため、図20Aに示すように、焼成時に生じる圧電／電歪層22の収縮や一対の電極24及び26と圧電／電歪層22並びに薄板部12a及び12bとの熱膨張率の違い等によって、例えば、薄板部12a及び12b並びに圧電／電歪素子18a及び18bは、孔部42に向かって凸となるようにわずかに変位し、形状的に歪みが生じた状態となり、圧電／電歪素子18a及び18b（特に圧電／電歪層22）や薄板部12a及び12bに内部残留応力が発生しやすくなる。

【0173】この薄板部12a及び12bや圧電／電歪層22での内部残留応力の発生は、上述した一体焼成のほか、薄板部12a及び12bに別体の圧電／電歪素子18a及び18bを例えば接着剤で貼り合わせる場合にも生じる。即ち、接着剤を固定化もしくは硬化する際に、接着剤等の硬化収縮によって薄板部12a及び12bや圧電／電歪層22に内部残留応力が発生することとなる。更に、その固定化もしくは硬化に加熱が必要な場合には、内部残留応力が大きなものとなる。

【0174】この状態で圧電／電歪デバイス10を使用すると、圧電／電歪層22に所定電界を与えても、可動部20a及び20bにおいて所望の変位を示さない場合がある。これは、圧電／電歪層22の材料特性及び可動部20a及び20bの変位動作が、前記薄板部12a及び12bや圧電／電歪層22に発生している内部残留応力によって阻害されているからである。

【0175】そこで、この第1の製造方法では、図20Aに示すように、可動部20a及び20bの中心部分2

0cを所定幅W1（例えば100 $\mu$ m）だけ切除するようにしている。この中心部分20cの切除によって、図20Bに示すように、可動部20a及び20bに互いに対向する端面34a及び34bが形成されるが、薄板部12a及び12bや圧電／電歪層22に発生していた内部残留応力によって、これら端面34a及び34bが互いに近づく方向に移動し、移動後の各端面34a及び34bの幅は、前記所定幅W1よりも短い例えば第2の所定幅W2（例えば30 $\mu$ m）となる。より詳述すると、第2の所定幅W2は、先端の方がより短くなる。

【0176】これら端面34a及び34bの移動は、薄板部12a及び12bや圧電／電歪層22に発生していた内部残留応力の解放に伴うものである。内部残留応力を解放した状態で圧電／電歪デバイス10を使用すると、可動部20a及び20bは、ほぼ設計通りの変位動作を示し、良好なデバイス特性を示すこととなる。この効果は、固定部14となる部分の一部を切除して、例えば図11に示すように、固定部14に互いに対向する端面34a及び34bを形成した場合においても同様であり、この場合は、薄板部12a及び12bや圧電／電歪層22に発生していた内部残留応力が、固定部14に形成された互いに対向する端面34a及び34bの移動によって解放されることとなる。なお、対向する端面34a及び34bについては、必ずしも可動部20a及び20bもしくは固定部14の中心部分の切除のみならず、中心からそれた部分を切除して形成することによっても同様の効果が得られる。

【0177】図18に示す切除や図19に示す切除に当たっては、切除後に300℃～800℃で加熱処理することが好ましい。これは、加工により圧電／電歪デバイス10内にマイクロクラック等の欠陥が生じやすいが、前記熱処理によって前記欠陥を取り除くことができ、信頼性が向上するからである。更に、前記熱処理後に80℃程度の温度で少なくとも10時間程度放置し、エージング処理を施すことが好ましい。このエージング処理で、製造過程の中で受けた種々の応力等を更に緩和でき、特性の向上に寄与するからである。

【0178】次に、第2の製造方法について図21～図24を参照しながら説明する。まず、図21に示すように、少なくとも薄板部12a及び12b間に空間を形成するための窓部54が形成された複数枚（例えば4枚）のセラミックグリーンシート50A～50Dと、薄板部12a及び12b間に空間を形成するための窓部54と互いに対向する端面34a及び34bを有する可動部20a及び20bを形成するための窓部100とが連続形成された複数枚（例えば7枚）のセラミックグリーンシート102A～102Gと、後に薄板部12a及び12bとなる複数枚（例えば2枚）のセラミックグリーンシート52A及び52Bとを用意する。

【0179】その後、図22に示すように、セラミック

グリーンシート52A及び52Bでセラミックグリーンシート50A～50D並びに102A～102Gを挟み込むようにして、これらセラミックグリーンシート50A～50D、52A及び52B並びに102A～102Gを積層・圧着して、セラミックグリーン積層体58とする。この積層にあたってはセラミックグリーンシート102A～102Gを中央に位置させて積層する。このとき、窓部100の存在により、圧着時に圧力がかからない部位が発生するため、積層、圧着の順番等を変更し、そのような部位が生じないようにする必要がある。これは、後述する第3及び第4の製造方法でも同様である。その後、セラミックグリーン積層体58を焼成してセラミック積層体60（図23参照）を得る。

【0180】次に、図23に示すように、前記セラミック積層体60の両表面、即ち、セラミックグリーンシート52A及び52Bが積層された表面に相当する表面にそれぞれ多層構造の圧電／電歪素子18a及び18bを形成し、焼成によって圧電／電歪素子18a及び18bをセラミック積層体60に一体化させる。もちろん、圧電／電歪素子10は片側の表面のみに形成してもよい。これは、後述する第3及び第4の製造方法でも同様である。

【0181】次に、圧電／電歪素子18a及び18bが形成されたセラミック積層体60のうち、切断線C1、C2、C5に沿って切断することにより、セラミック積層体60の側部と先端部を切除する。この切除によって、図24に示すように、セラミック基体16Cに圧電／電歪素子18a及び18bが形成され、かつ、互いに対向する端面34a及び34bを有する可動部20a及び20bが形成された圧電／電歪デバイス10を得る。切断のタイミングは、切断線C1及びC2に沿って切断した後に切断線C5に沿って切断してもよく、切断線C5に沿って切断した後に切断線C1及びC2に沿って切断してもよい。もちろん、これらの切断を同時に行うようにしてもよい。また、切断線C5と対向する固定部14の端面も適宜切断するようにしてもよい。

【0182】この第2の製造方法においては、セラミック積層体60から不要な部分を切除したと同時に、セラミック基体16Cに圧電／電歪素子18a及び18bが形成され、かつ、互いに対向する端面34a及び34bを有する可動部20a及び20bが形成された圧電／電歪デバイス10を得ることができるため、製造工程の簡略化を図ることができると共に、圧電／電歪デバイス10の歩留まりを向上させることができる。この場合、同一基板内に圧電／電歪デバイス10を縦方向及び横方向にそれぞれ複数個配置して、同一工程で多数個取りする際に特に好ましい。第1の製造方法に比べ、端面34aおよび34bの形成を同一工程で多数個処理しやすいからである。

【0183】次に、第3の製造方法について図25～図

28を参照しながら説明する。まず、図25に示すように、少なくとも薄板部12a及び12b間に空間を形成するための窓部54が形成された複数枚（例えば4枚）のセラミックグリーンシート50A～50Dと、薄板部12a及び12b間に空間を形成するための窓部54と互に対向する端面34a及び34bが一部連結された可動部20a及び20bとなる部分20D（図28参照）を形成するための窓部104とが連続形成され、窓部54に向かって一部張り出した張出し部106が形成された複数枚（例えば7枚）のセラミックグリーンシート108A～108Gと、後に薄板部12a及び12bとなる複数枚（例えば2枚）のセラミックグリーンシート52A及び52Bとを用意する。

【0184】その後、図26に示すように、セラミックグリーンシート52A及び52Bでセラミックグリーンシート50A～50D、108A～108Gを挟み込むようにして、これらセラミックグリーンシート50A～50D、52A及び52B、108A～108Gを積層・圧着して、セラミックグリーン積層体58とする。この積層にあたってはセラミックグリーンシート108A～108Gを中央に位置させて積層する。その後、セラミックグリーン積層体58を焼成してセラミック積層体60（図27参照）を得る。

【0185】次に、図27に示すように、前記セラミック積層体60の両表面、即ち、セラミックグリーンシート52A及び52Bが積層された表面に相当する表面にそれぞれ多層構造の圧電／電歪素子18a及び18bを形成し、焼成によって圧電／電歪素子18a及び18bをセラミック積層体60に一体化させる。

【0186】次に、圧電／電歪素子18a及び18bが形成されたセラミック積層体60のうち、切断線C1、C2、C5に沿って切断することにより、セラミック積層体60の側部と先端部を切除する。この切除によって、図28に示すように、固定部14と薄板部12a及び12b並びに圧電／電歪素子18a及び18bは形作られるが、可動部20a及び20bとなる部分20Dは互に対向する端面34a及び34bが張出し部106によって一部連結された状態となっている。

【0187】次に、互に対向する端面34a及び34bを一部連結している前記張出し部106を切除して、可動部20a及び20b、薄板部12a及び12b並びに固定部14が一体化されたセラミック基体16Cに圧電／電歪素子18a及び18bが形成された圧電／電歪デバイス10を作製する。

【0188】この第3の製造方法においては、最終段階において、互に対向する端面34a及び34bを一部連結している細い張出し部106を切除すればよい。ため、簡単に、かつ、確実に切除することができ、製造工程の簡略化を図ることができると共に、圧電／電歪デバイス10の歩留まりを向上させることができる。

【0189】次に、第4の製造方法について図29～図32を参照しながら説明する。まず、図29に示すように、少なくとも薄板部12a及び12b間に空間を形成するための窓部54が形成された複数枚（例えば4枚）のセラミックグリーンシート50A～50Dと、薄板部12a及び12b間に空間を形成するための窓部54と互に対向する端面34a及び34bが一部連結された可動部20a及び20bとなる部分20D（図32参照）を形成するための窓部104とが形成され、窓部54と窓部104を分離するように棧部112が形成された複数枚（例えば7枚）のセラミックグリーンシート114A～114Gと、後に薄板部12a及び12bとなる複数枚（例えば2枚）のセラミックグリーンシート52A及び52Bとを用意する。

【0190】その後、図30に示すように、セラミックグリーンシート52A及び52Bでセラミックグリーンシート50A～50D、114A～114Gを挟み込むようにして、これらセラミックグリーンシート50A～50D、52A及び52B、114A～114Gを積層・圧着して、セラミックグリーン積層体58とする。この積層にあたってはセラミックグリーンシート114A～114Gを中央に位置させて積層する。その後、セラミックグリーン積層体58を焼成してセラミック積層体60（図31参照）を得る。

【0191】次に、図31に示すように、前記セラミック積層体60の両表面、即ち、セラミックグリーンシート52A及び52Bが積層された表面に相当する表面にそれぞれ多層構造の圧電／電歪素子18a及び18bを形成し、焼成によって圧電／電歪素子18a及び18bをセラミック積層体60に一体化させる。

【0192】次に、圧電／電歪素子18a及び18bが形成されたセラミック積層体60のうち、切断線C1、C2、C5に沿って切断することにより、セラミック積層体60の側部と先端部を切除する。この切除によって、図32に示すように、固定部14と薄板部12a及び12b並びに圧電／電歪素子18a及び18bは形作られるが、可動部20a及び20bとなる部分20Dは互に対向する端面34a及び34bが棧部112によって一部連結された状態となっている。

【0193】次に、互に対向する端面34a及び34bを一部連結している前記棧部112を切除して、可動部20a及び20b、薄板部12a及び12b並びに固定部14が一体化されたセラミック基体16Cに圧電／電歪素子18a及び18bが形成された圧電／電歪デバイス10を作製する。

【0194】この第4の製造方法においては、最終段階において、互に対向する端面34a及び34bを一部連結している棧部112を切除すればよい。ため、簡単に、かつ、確実に切除することができ、製造工程の簡略化を図ることができると共に、圧電／電歪デバイス10

10

20

30

40

50

の歩留まりを向上させることができる。

【0195】上述の例では、前記可動部 20a 及び 20b、固定部 14、薄板部 12a 及び 12b をセラミック基体 16C にて構成した例を示したが、その他、各部を金属材料同士で構成することもできる。更には、セラミックスと金属の材料とから製造されたものを組み合わせたハイブリッド構造として構成することもできる。この場合、金属材料間の接合、セラミックスと金属材料間の接合においては、有機樹脂、ガラス等での接着、ロウ付け、半田付け、共晶接合、溶接等を用いることができる。

【0196】例えば、可動部 20a 及び 20b、固定部 14 をセラミックスとし、薄板部 12a 及び 12b を金属としたハイブリッド構造の圧電／電歪デバイス（第 8 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10h）の製造方法（第 5 及び第 6 の製造方法）について図 33～図 40 を参照しながら説明する。従って、この第 5 及び第 6 の製造方法で形成される金属とセラミックスを含む基体を基体 16D と記す。

【0197】第 5 の製造方法は、まず、図 33 に示すように、少なくとも薄板部 12a 及び 12b 間に空間を形成するための窓部 54 が形成された複数枚（例えば 4 枚）のセラミックグリーンシート 50A～50D と、薄板部 12a 及び 12b 間に空間を形成するための窓部 54 と互いに対向する端面 34a 及び 34b を有する可動部 20a 及び 20b を形成するための窓部 100 とが連続形成された複数枚（例えば 7 枚）のセラミックグリーンシート 102A～102G とを用意する。

【0198】その後、図 34 に示すように、セラミックグリーンシート 50A～50D、102A～102G を積層・圧着して、セラミックグリーン積層体 158 とする。この積層にあたってはセラミックグリーンシート 102A～102G を中央に位置させて積層する。その後、セラミックグリーン積層体 158 を焼成して、図 35 に示すように、セラミック積層体 160 を得る。このとき、セラミック積層体 160 には、窓部 54 及び 100 により孔部 130 が形成されたかたちとなる。

【0199】次に、図 36 に示すように、別体として構成した圧電／電歪素子 18a 及び 18b をそれぞれ薄板部 12a 及び 12b となる金属板 152A 及び 152B の表面にエポキシ系接着剤で接着する。別体の圧電／電歪素子 18a 及び 18b は、例えばセラミックグリーンシート積層法により形成することができる。

【0200】次に、金属板 152A 及び 152B でセラミック積層体 160 を挟み込むように、かつ、孔部 130 を塞ぐようにして、これら金属板 152A 及び 152B をセラミック積層体 160 にエポキシ系接着剤で接着し、ハイブリッド積層体 162（図 37 参照）とする。

【0201】次に、図 37 に示すように、圧電／電歪素子 18a 及び 18b が形成されたハイブリッド積層体 1

10

20

30

40

50

62 のうち、切断線 C1、C2、C5 に沿って切断することにより、ハイブリッド積層体 162 の側部と先端部を切除する。この切除によって、図 38 に示すように、基体 16D のうち、金属板で構成された薄板部 12a 及び 12b に圧電／電歪素子 18a 及び 18b が形成され、かつ、互いに対向する端面 34a 及び 34b を有する可動部 20a 及び 20b が形成された第 8 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10h を得る。

【0202】一方、第 6 の製造方法は、まず、図 34 に示すように、セラミックグリーンシート 50A～50D、102A～102G を積層・圧着して、セラミックグリーン積層体 158 とする。その後、セラミックグリーン積層体 158 を焼成して、図 39 に示すように、セラミック積層体 160 を得る。このとき、セラミック積層体 160 には、窓部 54 及び 100 による孔部 130 が形成されたかたちとなる。

【0203】次に、図 40 に示すように、金属板 152A 及び 152B でセラミック積層体 160 を挟み込むように、かつ、孔部 130 を塞ぐようにして、これら金属板 152A 及び 152B をセラミック積層体 160 にエポキシ系接着剤で接着し、ハイブリッド積層体 162 とする。このとき、接着した金属板 152A 及び 152B の表面に圧電／電歪素子 18a 及び 18b を貼り合わせる際に、十分な接着圧力がかけられるように、図 39 に示すように、必要に応じて、孔部 130 に充填材 164 を充填する。

【0204】充填材 164 は、最終的には除去する必要があるため、溶剤等に溶解しやすく、また、硬い材料であることが好ましく、例えば有機樹脂やワックス、ロウなどが挙げられる。また、アクリル等の有機樹脂にセラミック粉末をフィラーとして混合した材料を採用することもできる。

【0205】次に、図 40 に示すように、ハイブリッド積層体 162 における金属板 152A 及び 152B の表面に、別体として形成した圧電／電歪素子 18a 及び 18b をエポキシ系接着剤で接着する。別体の圧電／電歪素子 18a 及び 18b は、例えばセラミックグリーンシート積層法により形成することができる。

【0206】後は、上述したように、図 37 及び図 38 と同様の工程を経て、基体 16D のうち、金属板 152A 及び 152B で構成された薄板部 12a 及び 12b に圧電／電歪素子 18a 及び 18b が形成され、かつ、互いに対向する端面 34a 及び 34b を有する可動部 20a 及び 20b が形成された第 8 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10h を得る。

【0207】また、基体 16D をすべて金属とする場合には、例えば図 35 におけるセラミック積層体 160 に相当する部位を鋳造により形成するほか、薄状の金属を積層し、クラディング法により形成すればよい。

【0208】上述した圧電／電歪デバイスによれば、各



種トランスデューサ、各種アクチュエータ、周波数領域機能部品（フィルタ）、トランス、通信用や動力用の振動子や共振子、発振子、ディスクリミネータ等の能動素子のほか、超音波センサや加速度センサ、角速度センサや衝撃センサ、質量センサ等の各種センサ用のセンサ素子として利用することができ、特に、光学機器、精密機器等の各種精密部品等の変位や位置決め調整、角度調整の機構に用いられる各種アクチュエータに好適に利用することができる。

【0209】なお、この発明に係る圧電／電歪デバイス及びその製造方法は、上述の実施の形態に限らず、この発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

【0210】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る圧電／電歪デバイス及びその製造方法によれば、デバイスの軽量化、中でも固定部もしくは可動部の軽量化、デバイスのハンドリング性並びにデバイスの固定性もしくは可動部への部品の取付性を向上させることができ、これにより、可動部を大きく変位することができると共に、可動部の変位動作の高速化（高共振周波数化）を達成させることができ、しかも、有害な振動の影響を受け難く、高速応答が可能で、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れた変位素子、並びに可動部の振動を精度よく検出することができるセンサ素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの構成を示す斜視図である。

【図2】圧電／電歪素子の第1の変形例を示す拡大図である。

【図3】圧電／電歪素子の第2の変形例を示す拡大図である。

【図4】圧電／電歪素子の第3の変形例を一部省略して示す斜視図である。

【図5】圧電／電歪素子の第4の変形例を一部省略して示す斜視図である。

【図6】本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第1の変形例を示す斜視図である。

【図7】本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第2の変形例を示す斜視図である。

【図8】第2の変形例に係る圧電／電歪デバイスにおいて、圧電／電歪素子が共に変位動作を行っていない場合を示す説明図である。

【図9】図9Aは一方の圧電／電歪素子に印加される電圧波形を示す波形図であり、図9Bは他方の圧電／電歪素子に印加される電圧波形を示す波形図である。

【図10】第2の変形例に係る圧電／電歪デバイスにおいて、圧電／電歪素子が変位動作を行った場合を示す説明図である。

【図11】本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第3の変形例を示す斜視図である。

【図12】本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第4の変形例を示す斜視図である。

【図13】第5の変形例に係る圧電／電歪デバイスを示す斜視図である。

【図14】第6の変形例に係る圧電／電歪デバイスを示す斜視図である。

【図15】第7の変形例に係る圧電／電歪デバイスを示す斜視図である。

【図16】第1の製造方法において、必要なセラミックグリーンシートの積層過程を示す説明図である。

【図17】第1の製造方法において、セラミックグリーン積層体とした状態を示す説明図である。

【図18】第1の製造方法において、セラミックグリーン積層体を焼成したセラミック積層体とした後、該セラミック積層体に圧電／電歪素子を形成した状態を示す説明図である。

【図19】第1の製造方法において、セラミック積層体を所定の切断線に沿って切断して、本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスとする途中過程を示す説明図である。

【図20】図20Aは薄板部や圧電／電歪層に内部残留応力が発生している状態を示す説明図であり、図20Bは可動部の中心部分を切除した状態を示す説明図である。

【図21】第2の製造方法において、必要なセラミックグリーンシートの積層過程を示す説明図である。

【図22】第2の製造方法において、セラミックグリーン積層体とした状態を示す説明図である。

【図23】第2の製造方法において、セラミックグリーン積層体を焼成したセラミック積層体とした後、該セラミック積層体に圧電／電歪素子を形成した状態を示す説明図である。

【図24】第2の製造方法において、セラミック積層体を所定の切断線に沿って切断して、本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスとした状態を示す説明図である。

【図25】第3の製造方法において、必要なセラミックグリーンシートの積層過程を示す説明図である。

【図26】第3の製造方法において、セラミックグリーン積層体とした状態を示す説明図である。

【図27】第3の製造方法において、セラミックグリーン積層体を焼成したセラミック積層体とした後、該セラミック積層体に圧電／電歪素子を形成した状態を示す説明図である。

【図28】第3の製造方法において、セラミック積層体を所定の切断線に沿って切断して、本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスとする途中過程を示す説明図である。

【図29】第4の製造方法において、必要なセラミック



グリーンシートの積層過程を示す説明図である。

【図 30】第 4 の製造方法において、セラミックグリーン積層体とした状態を示す説明図である。

【図 31】第 4 の製造方法において、セラミックグリーン積層体を焼成したセラミック積層体とした後、該セラミック積層体に圧電／電歪素子を形成した状態を示す説明図である。

【図 32】第 4 の製造方法において、セラミック積層体を所定の切断線に沿って切断して、本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスとする途中過程を示す説明図である。

【図 33】第 5 の製造方法において、必要なセラミックグリーンシートの積層過程を示す説明図である。

【図 34】第 5 の製造方法において、セラミックグリーン積層体とした状態を示す説明図である。

【図 35】第 5 の製造方法において、セラミックグリーン積層体を焼成してセラミック積層体とした状態を示す説明図である。

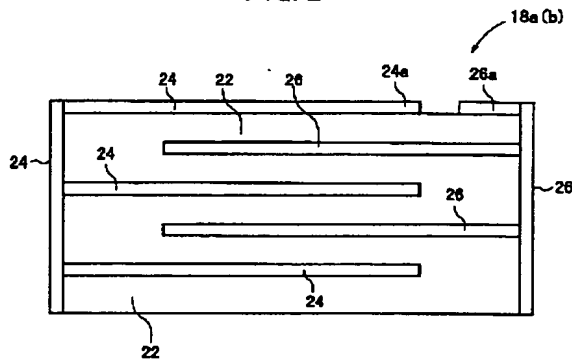
【図 36】第 5 の製造方法において、別体として構成した圧電／電歪素子をそれぞれ薄板部となる金属板の表面に接着した状態を示す説明図である。

【図 37】第 5 の製造方法において、金属板をセラミック積層体に接着してハイブリッド積層体とした状態を示す説明図である。

【図 38】第 5 の製造方法において、ハイブリッド積層体を所定の切断線に沿って切断して、第 8 の変形例に係る圧電／電歪デバイスを作製した状態を示す説明図であ

【図 2】

FIG. 2



る。

【図 39】第 6 の製造方法において、セラミックグリーン積層体を焼成してセラミック積層体とした後、孔部に充填材を充填した状態を示す説明図である。

【図 40】第 6 の製造方法において、それぞれ薄板部となる金属板をセラミック積層体に接着してハイブリッド積層体とした状態を示す説明図である。

【図 41】従来例に係る圧電／電歪デバイスを示す構成図である。

【符号の説明】

10、10a～10h…圧電／電歪デバイス

12a、12b…薄板部 14…固定部

18a、18b…圧電／電歪素子 19a、19b…アクチュエータ部

20a、20b…可動部 22…圧電／電歪層

24、26…一对の電極 36…空隙

37、37A～37C…スペーサ部材 38…接着剤

50A～50I、52A、52B、102A～102G、108A～108G、114A～114G…セラミックグリーンシート

58、158…セラミックグリーン積層体

60、160…セラミック積層体 106…張出し部

112…棧部

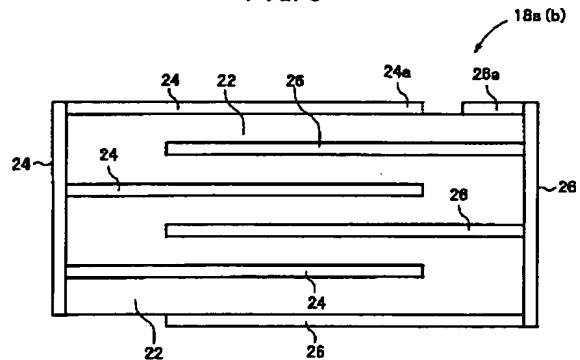
152A、15

2B…金属板

162…ハイブリッド積層体

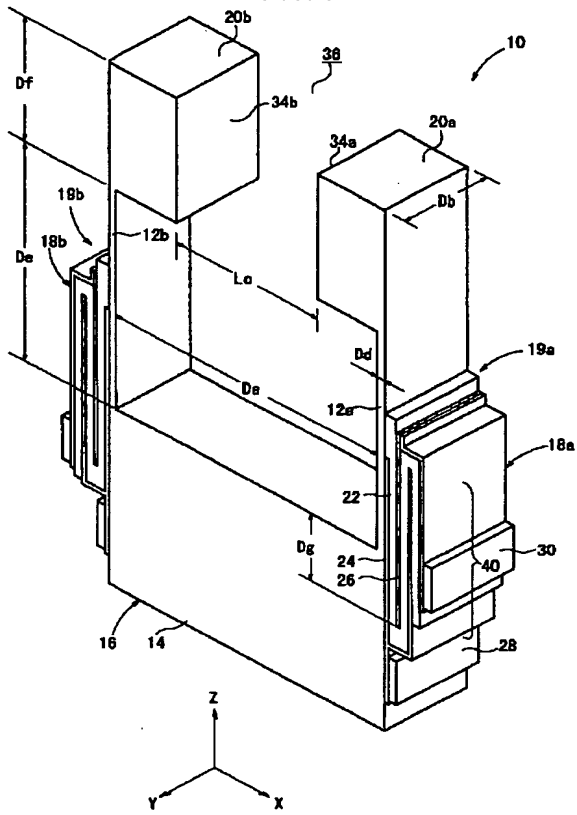
【図 3】

FIG. 3



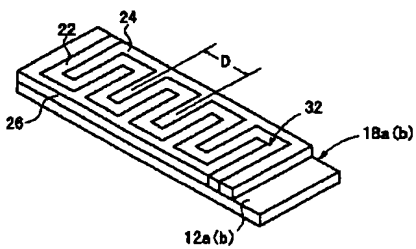
【図 1】

FIG. 1



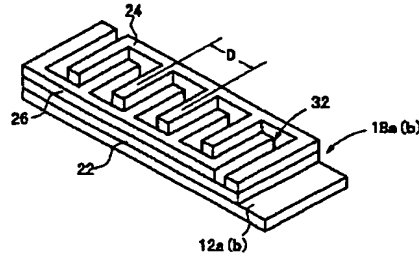
【図 5】

FIG. 5



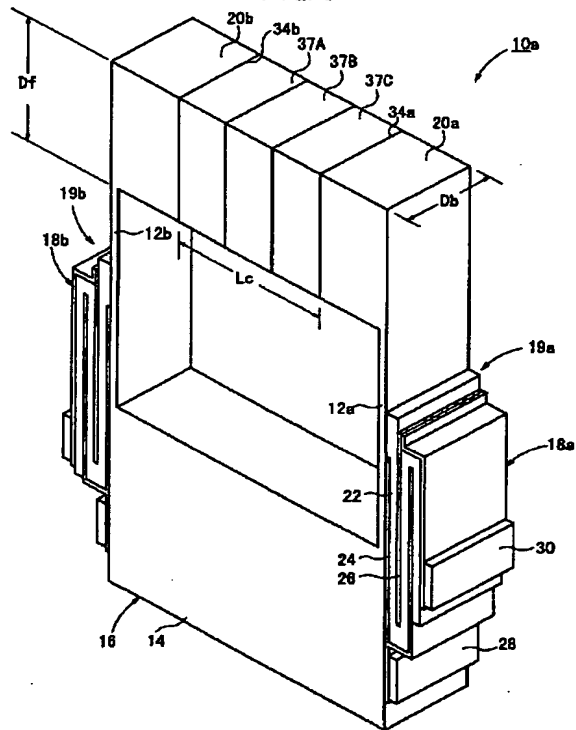
【図 4】

FIG. 4



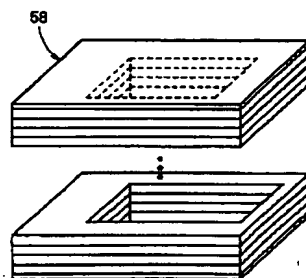
【図 6】

FIG. 6



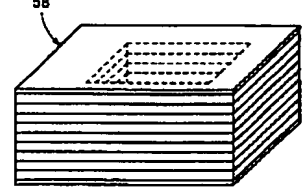
【図 22】

FIG. 22



【図 17】

FIG. 17



【图 8】

FIG. 8

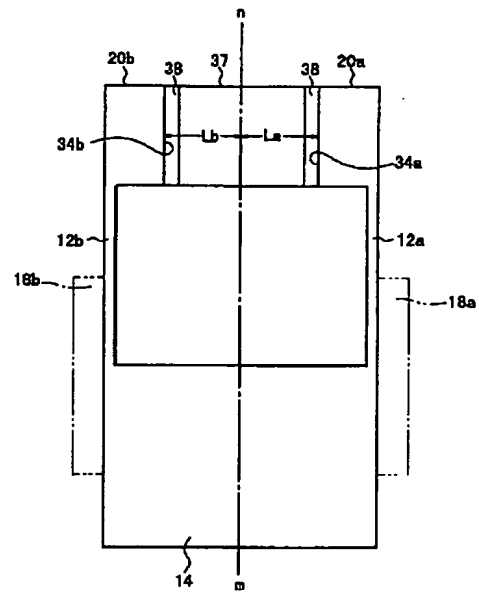
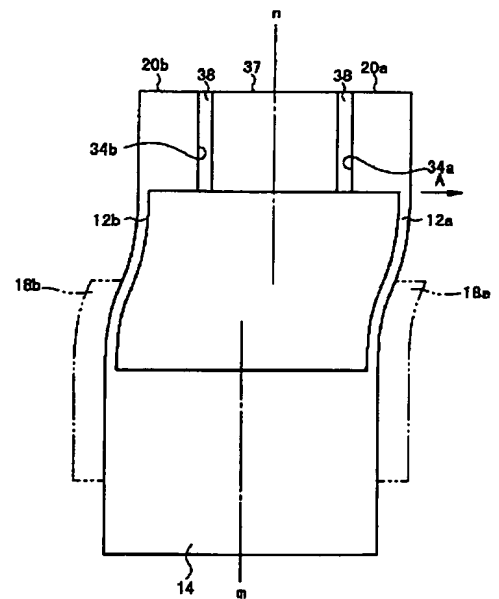
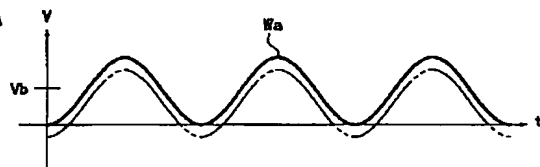


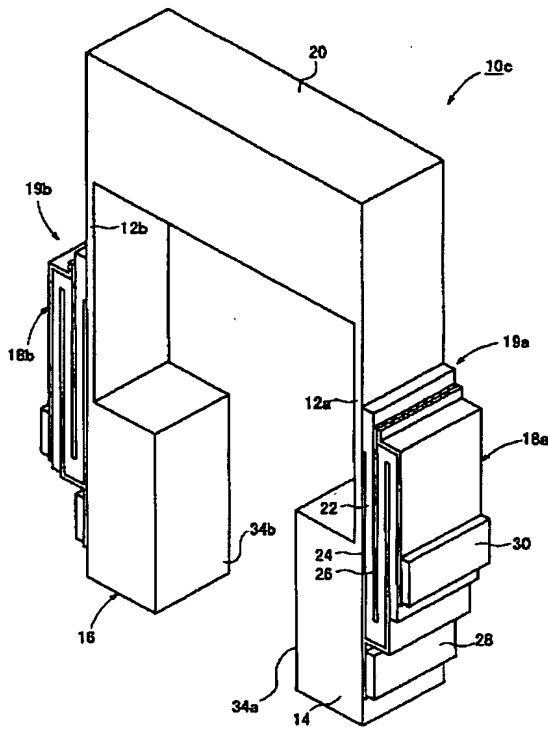
FIG. 10

FIG. 9A



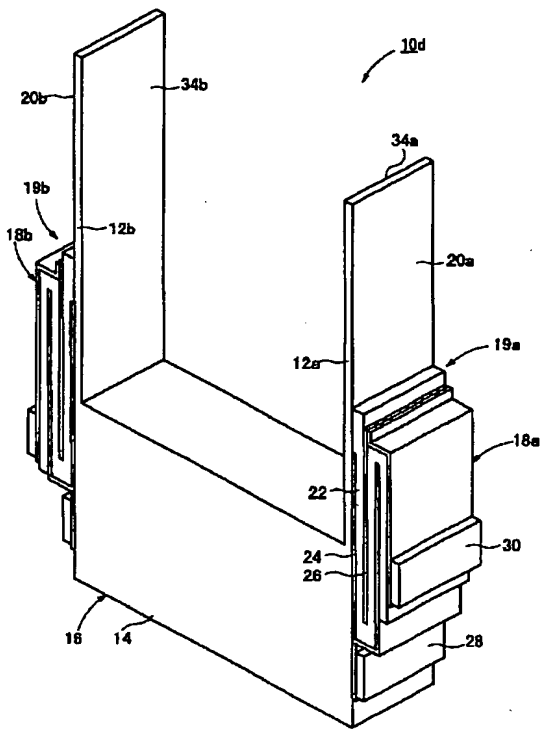
【図 11】

FIG. 11



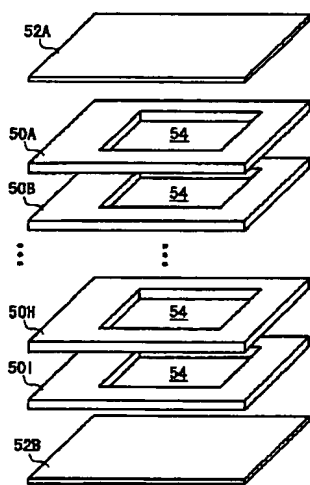
【図 12】

FIG. 12



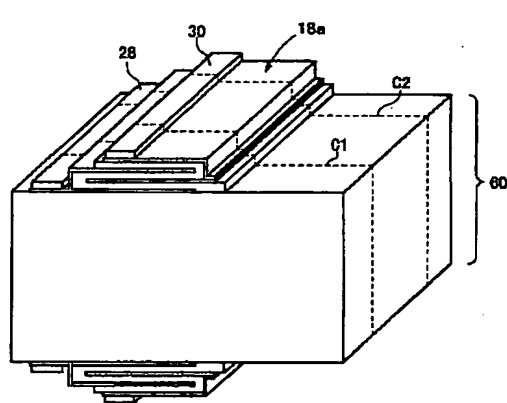
【図 16】

FIG. 16



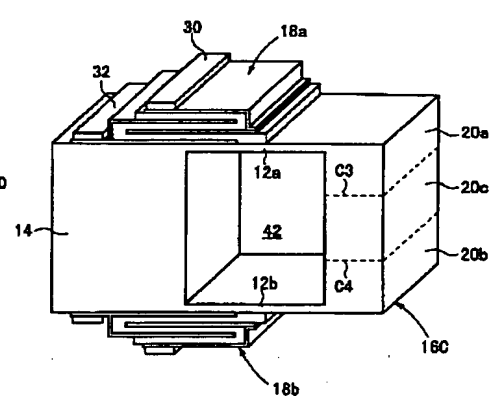
【図 18】

FIG. 18

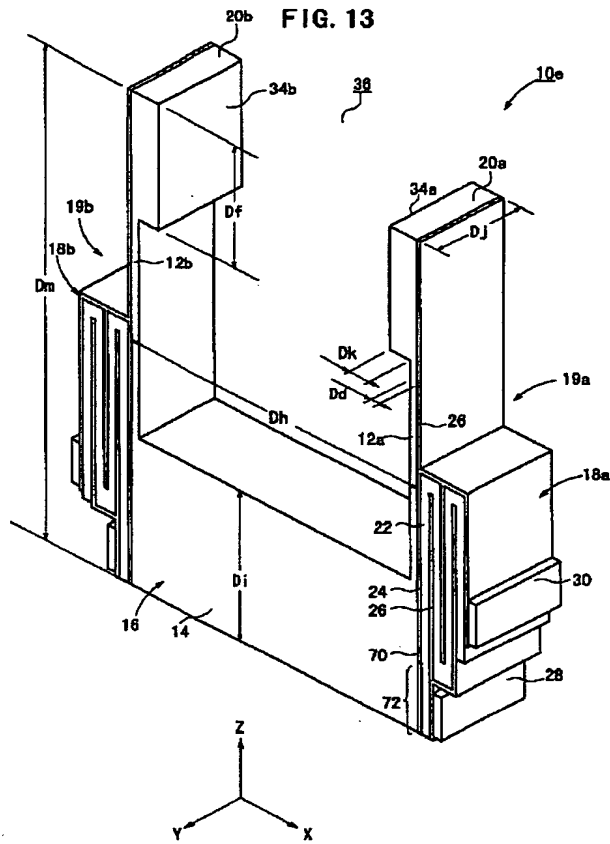


【図 19】

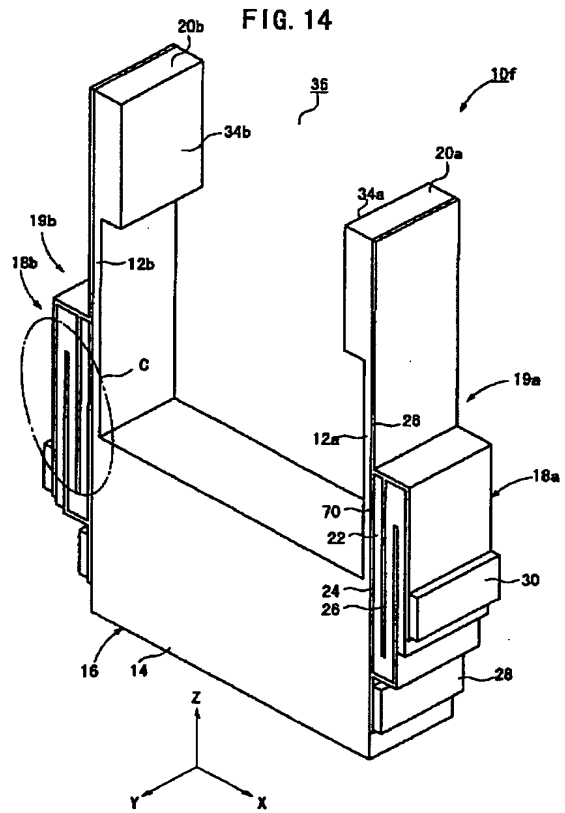
FIG. 19



【図13】

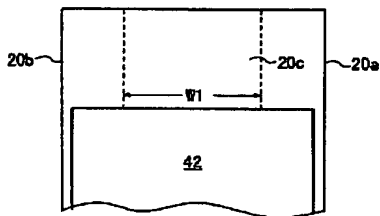


【図14】



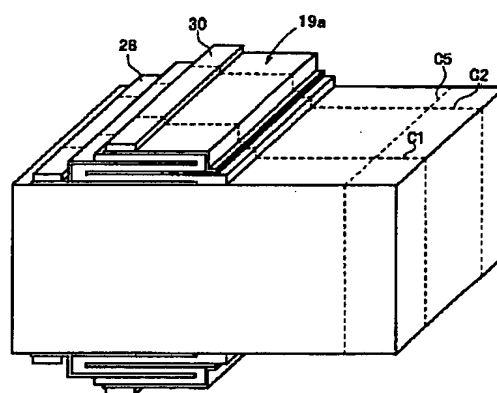
【図20】

FIG. 20A



【図23】

FIG. 23



【図26】

FIG. 26

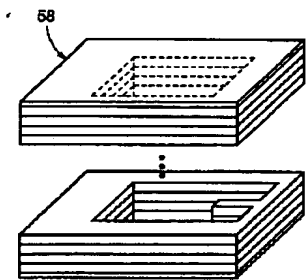
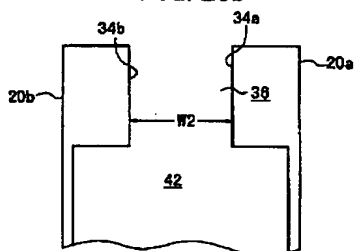
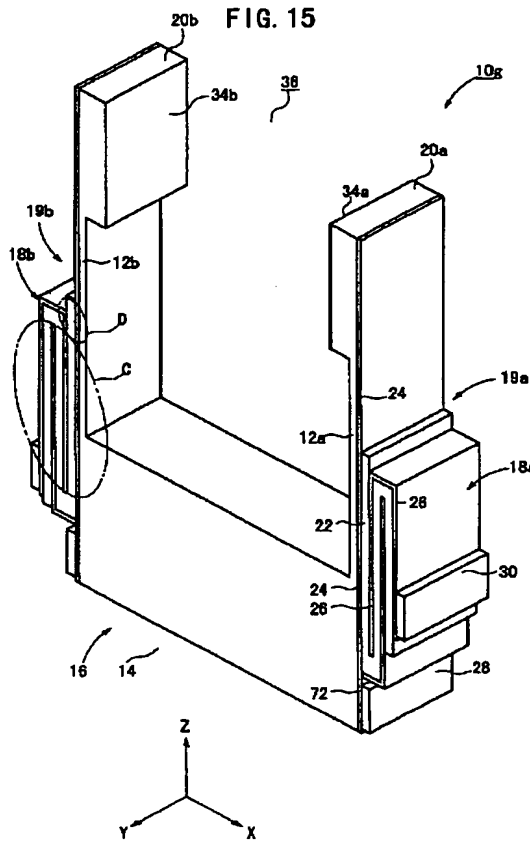


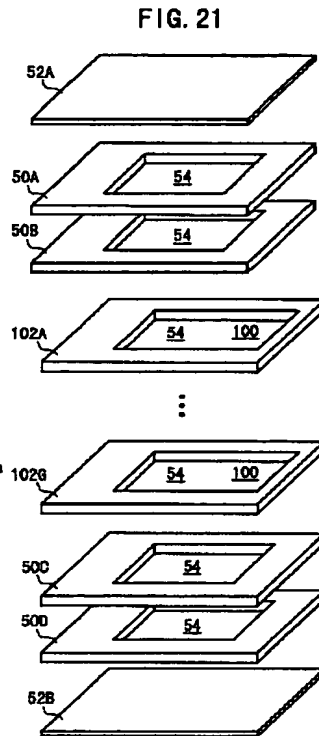
FIG. 20B



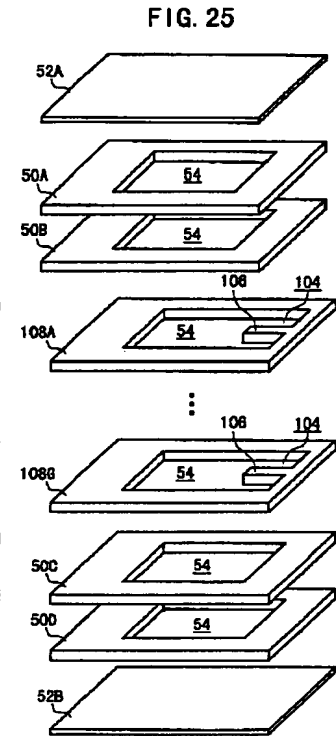
【図 15】



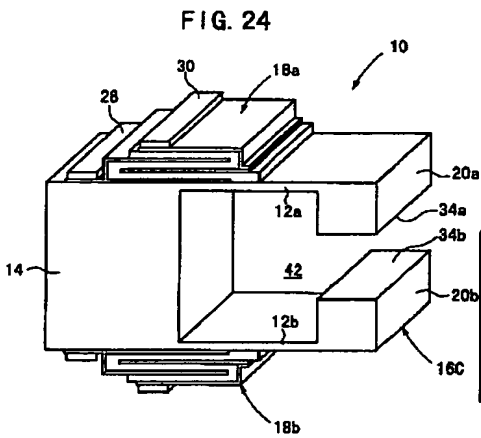
【図 21】



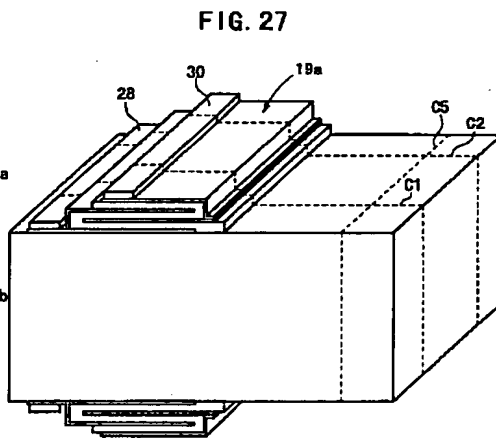
【図 25】



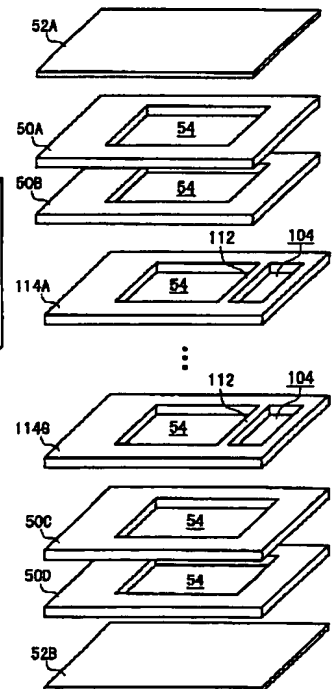
【図 24】



【図 27】

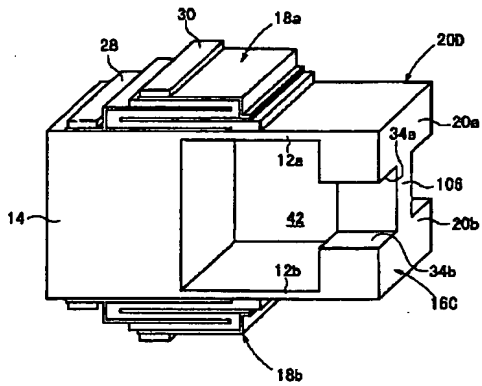


【図 29】

**FIG. 29**

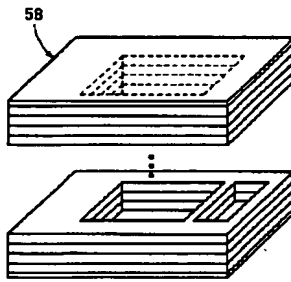
【図 28】

FIG. 28



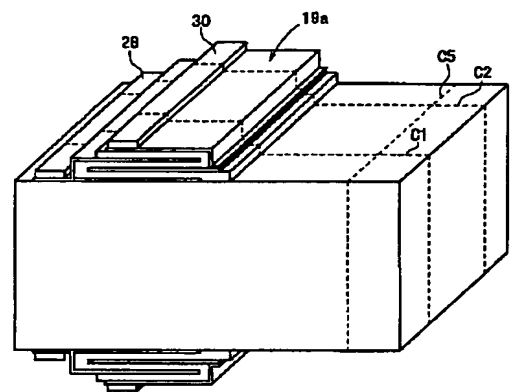
【図 30】

FIG. 30



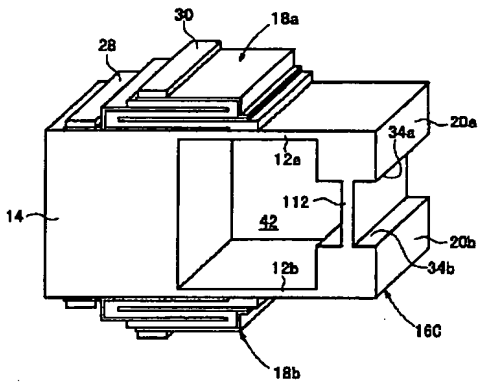
【図 31】

FIG. 31



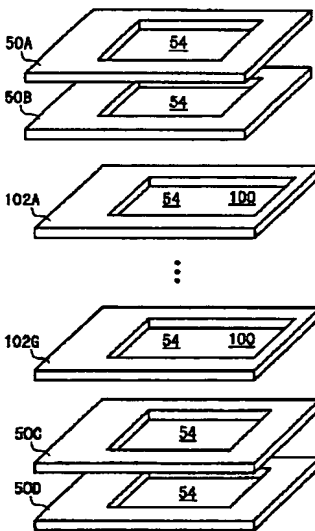
【図 32】

FIG. 32



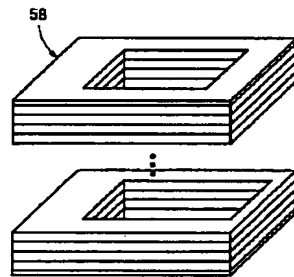
【図 33】

FIG. 33



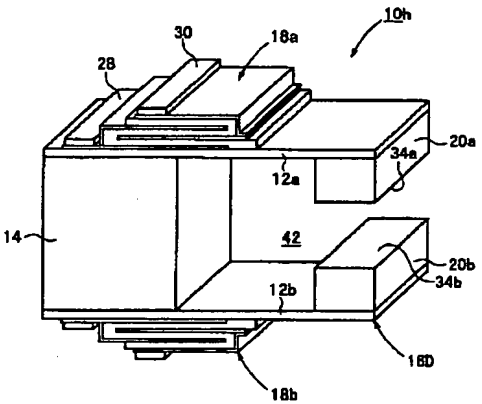
【図 34】

FIG. 34



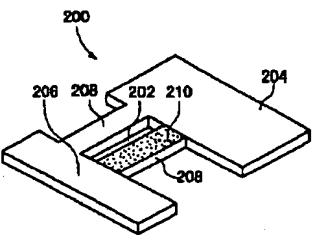
【図 38】

FIG. 38



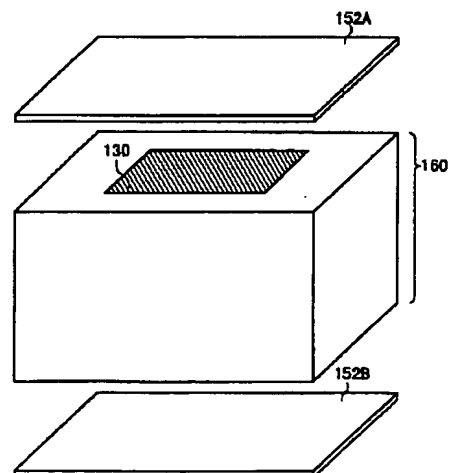
【図 41】

FIG. 41

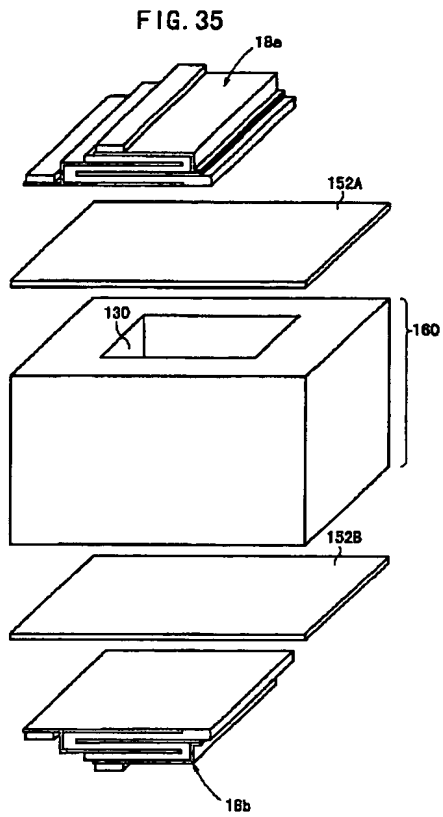


【図 39】

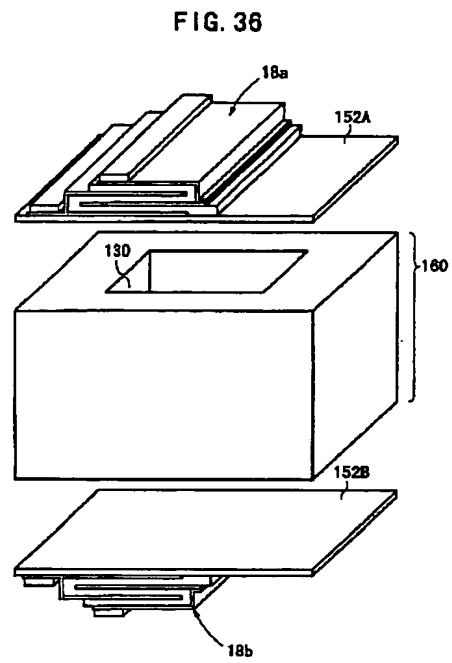
FIG. 39



【図35】

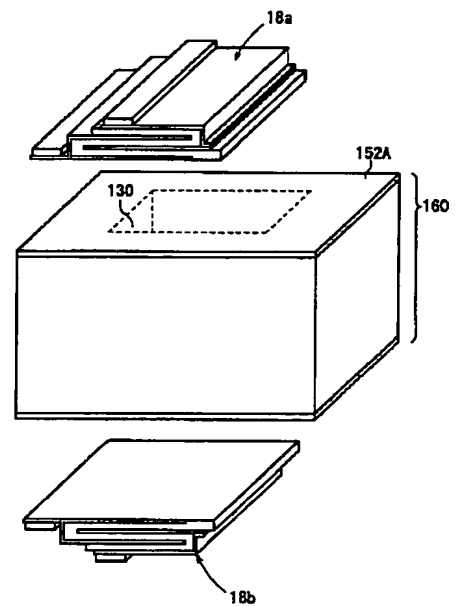


【図36】

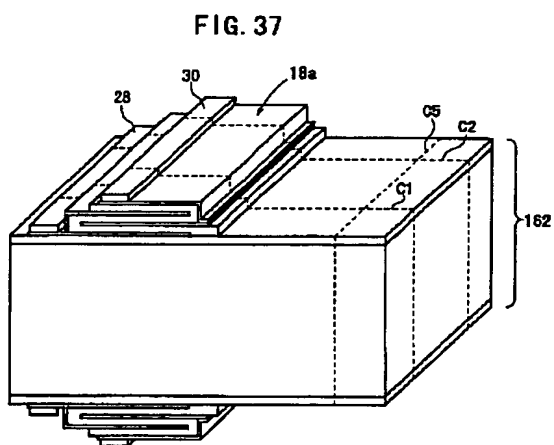


【図40】

FIG. 40



【図37】





## フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ド (参考)
H 0 1 L 41/22		H 0 1 L 41/18	1 0 1 B
H 0 2 N 2/00			1 0 1 C
		41/22	Z
(31) 優先権主張番号	特願平11-326195	(31) 優先権主張番号	特願2000-56434(P2000-56434)
(32) 優先日	平成11年11月16日(1999. 11. 16)	(32) 優先日	平成12年3月1日(2000. 3. 1)
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(33) 優先権主張国	日本 (J P)
(31) 優先権主張番号	特願平11-371967	(72) 発明者	池田 幸司
(32) 優先日	平成11年12月27日(1999. 12. 27)	愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内	
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(72) 発明者	木村 浩二
(31) 優先権主張番号	特願2000-13576(P2000-13576)	愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内	
(32) 優先日	平成12年1月21日(2000. 1. 21)	(72) 発明者	柴田 和義
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内	
(31) 優先権主張番号	特願2000-15123(P2000-15123)	F ターム (参考) 5D107 AA02 AA05 AA13 CC03 CC05	
(32) 優先日	平成12年1月24日(2000. 1. 24)	DD11	
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		